

## Solid electrolyte gas sensor

Patent Number:  US6068747

Publication date: 2000-05-30

Inventor(s): FUKUDA YUSHI (JP); MIZUTANI KEIGO (JP); MORI HIROSHI (JP); SAITO MAKOTO (JP); TOJO SENTA (JP)

Applicant(s): DENSO CORP (JP); NIPPON SOKEN (JP)

Requested Patent:  DE19810075

Application Number: US19980022485 19980212

Priority Number (s): JP19970074481 19970310; JP19970074482 19970310

IPC Classification: G01N27/407

EC Classification: G01N27/417

Equivalents:  FR2760532

---

### Abstract

---

A gas sensor using oxygen-ion-conductive solid electrolyte layers measures a concentration of a constituent gas such as NOx in a gas mixture such as an exhaust gas mixture of an internal combustion engine. The gas sensor includes a pair of oxygen pumping cells and a sensor cell. Before the constituent gas concentration is measured by the sensor cell, oxygen gas contained in the gas mixture has to be purged because the oxygen gas adversely affects the measurement of the constituent gas concentration. Two pumping cells disposed to face a chamber, into which the gas mixture is introduced, pump out the oxygen gas contained in the gas mixture so that the oxygen concentration is reduced substantially zero. Then, the gas mixture is diffused to the sensor cell where the constituent gas concentration is measured without the adverse influence of the oxygen gas. A marginal ion current which is proportional to the constituent gas concentration is measured by the sensor cell with a high accuracy and sensitivity.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ ⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑯ ⑯ **DE 198 10 075 A 1**

⑯ Int. Cl. 6:  
**G 01 N 27/407**  
G 01 N 27/416

**DE 198 10 075 A 1**

⑯ ⑯ Aktenzeichen: 198 10 075.2  
⑯ ⑯ Anmeldetag: 9. 3. 98  
⑯ ⑯ Offenlegungstag: 17. 9. 98

⑯ ⑯ Unionspriorität:

P 9-74481 10. 03. 97 JP  
9-74482 10. 03. 97 JP

⑯ ⑯ Anmelder:

Denso Corp., Kariya, Aichi, JP

⑯ ⑯ Vertreter:

Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

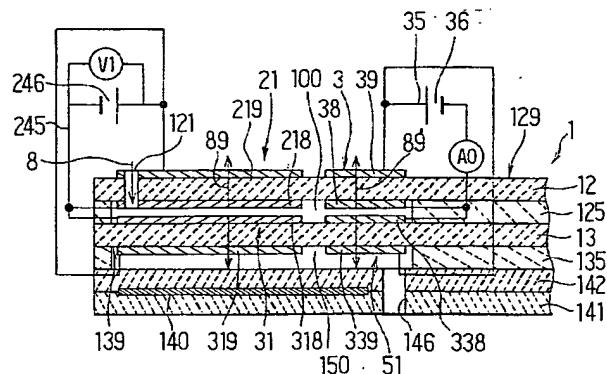
⑯ ⑯ Erfinder:

Tojo, Senta, Kariya, Aichi, JP; Saito, Makoto, Kariya, Aichi, JP; Mizutani, Keigo, Aichi, JP; Mori, Hiroshi, Kariya, Aichi, JP; Fukuda, Yushi, Kariya, Aichi, JP

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑯ ⑯ Festelektrolyt-Gassensor

⑯ ⑯ Ein sauerstoffionenleitende Festelektrolytschichten (12, 13) verwendender Gassensor mißt eine Konzentration eines Gasbestandteils, wie NO<sub>x</sub>, in einer Gasmischung, wie eine Abgasmischung einer Brennkraftmaschine. Der Gassensor hat ein Paar Sauerstoffpumpzellen (21, 31) und eine Sensorzelle (3). Bevor die Konzentration des Gasbestandteils durch die Sensorzelle gemessen wird, muß in der Gasmischung enthaltenes Sauerstoffgas abgeführt werden, weil das Sauerstoffgas die Messung der Konzentration des Gasbestandteils nachteilig beeinflußt. Zwei in einer Kammer (100), in die die Gasmischung zugeführt wird, angeordnete Pumpzellen (21, 31) pumpen das in der Gasmischung enthaltene Sauerstoffgas ab, so daß die Sauerstoffkonzentration im wesentlichen zu Null wird. Dann diffundiert die Gasmischung zu der Sensorzelle (3), in der die Konzentration des Gasbestandteils gemessen wird, ohne den nachteiligen Einfluß des Sauerstoffgases zu haben. Ein Marginalionenstrom, der zu der Konzentration des Gasbestandteils proportional ist, wird durch die Sensorzelle (3) mit einer hohen Genauigkeit und Empfindlichkeit gemessen.



**DE 198 10 075 A 1**



## Beschreibung

Diese Anmeldung beruht auf und beansprucht die Priorität der Japanischen Patentanmeldungen Nr. Hei-9-74481, hinterlegt am 10. März 1997, und Nr. Hei-9-74482, hinterlegt am 10. März 1997, deren Inhalt durch Bezugnahme Bestandteil dieser Anmeldung ist.

## Hintergrund der Erfindung

## 1. Gebiet der Erfindung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Festelektrolyt-Gassensor zum Erfassen einer Konzentration eines spezifischen, in einer Gasmischung enthaltenen Gases, wie zum Beispiel eines NOx-Gases, das in einem Abgas einer Brennkraftmaschine enthalten ist.

## 2. Beschreibung des Stands der Technik

Sensoren zum Erfassen einer NOx-Konzentration in einem Abgas einer Brennkraftmaschine, die an einer Abgasleitung angebracht sind, sind bisher bekannt. Solche Sensoren werden verwendet, um eine Brennkraftmaschine zu steuern. Ein sauerstoffionenleitender Festelektrolyt, wie ein stabilisiertes Zirkon(di)oxid, wird üblicherweise für den Sensor verwendet. Der Sensor besteht aus einer Kammer, in die eine Gasmischung eingeführt wird, und aus einer Sensorzelle mit einem Paar Elektroden, die auf beiden Flächen einer sauerstoffionenleitenden Festelektrolytschicht angeordnet sind. Eine der SensorzellenElektroden, die aus einem aktiven Material zur Reduktion des Sauerstoffs des NOx-Gases in der Mischung zu Sauerstoffionen gemacht ist, ist der Gasmischungskammer gegenüberliegend angeordnet und die andere Elektrode liegt Atmosphärenluft gegenüber. Die Konzentration des NOx wird auf der Basis eines Sauerstoffionenstroms gemessen, der durch den Elektrolyt fließt und proportional zu der NOx-Konzentration ist. Weil jedoch Sauerstoff in der Gasmischung, wie einem Abgas enthalten ist, wird Sauerstoff in der Gasmischung ebenfalls zusammen mit dem Sauerstoff des NOx-Gases zu Sauerstoffionen reduziert. Folglich erfaßt der Gassensor eine Gesamtmenge von Sauerstoffionen von sowohl Sauerstoff in der Gasmischung als auch von dem Sauerstoff im NOx-Gas und es ist entsprechend nicht möglich, den lediglich zu der NOx-Konzentration proportionalen Ionenstrom zu messen.

Um den Einfluß des in der Gasmischung enthaltenen Sauerstoffs zu eliminieren, ist beispielsweise in JP-A-8-29387 ein Gassensor vorgeschlagen, der eine Sauerstoffpumpzelle zum Herauspumpen des Sauerstoffs aus der Mischungskammer hat. Die Sauerstoffpumpzelle besteht aus einem Paar Elektroden, die an beiden Flächen einer sauerstoffionenleitenden Elektrolytschicht angeordnet sind. Eine Elektrode, die aus einem Material gemacht ist, welches für die Reduktion des Sauerstoffs des NOx-Gases inaktiv ist, ist der Mischungskammer gegenüberliegend angeordnet, und die andere Elektrode ist der Atmosphärenluft ausgesetzt. Indem eine elektrische Spannung zwischen dem Paar Elektroden angelegt wird, wird Sauerstoff in der Gasmischung in der Nähe der PumpzellenElektrode ionisiert und durch den Elektrolyten herausgepumpt. Diese Pumpzelle hat jedoch den Nachteil, daß lediglich Sauerstoff in der Nähe der Elektrode ionisiert wird und von der Elektrode entfernt existierender Sauerstoff schwer zu ionisieren ist. Folglich ist es schwierig, den Sauerstoff vollständig aus der Mischungskammer herauszupumpen und, entsprechend, ist es schwierig den Einfluß des Sauerstoffs in der Gasmischung bei der Messung der NOx-Konzentration zu eliminieren. In anderen

Worten, es ist nicht möglich zu sagen, ob die NOx-Konzentration tatsächlich zugenommen hat oder die Menge des Sauerstoffs in der Gasmischung zugenommen hat, sogar wenn der Gassensor einen höheren Wert anzeigt.

Um dieses Problem zu bewältigen, wurde in einem SAE Paper Nr. 960334 ein Gassensor vorgeschlagen, der eine Sauerstoffsensorzelle zur Messung der Sauerstoffkonzentration in der Mischungskammer hat. Die Sauerstoffsensorzelle besteht aus einem Paar Elektroden, die an beiden Flächen einer sauerstoffionenleitenden Elektrolytschicht angeordnet sind. Eine der Elektroden ist der Mischungskammer zugewandt, die andere ist der Atmosphärenluft zugewandt. Eine zwischen dem Paar von Elektroden erzeugte zur Sauerstoffkonzentration in der Mischungskammer proportionale Spannung wird zu der Sauerstoffpumpzelle rückgeführt, um eine daran anzulegende Spannung einzustellen, so daß die Sauerstoffkonzentration in der Mischungskammer auf einer konstanten Höhe gehalten wird. Dieser Typ eines Gassensors hat jedoch den Nachteil, daß die einen bestimmten Raum in dem Sensor belegende Sauerstoffsensorzelle zwingend erforderlich ist. Folglich wird ein Raum für die Sauerstoffpumpzelle verringert. Weil die Pumpkapazität der Sauerstoffpumpzelle proportional zur Fläche ihrer Elektroden ist, wird die durch die Pumpzelle abgepumpte Sauerstoffmenge abnehmen, wenn der Raum für die Pumpzelle kleiner wird. Wenn die Pumpkapazität abnimmt, muß eine Menge der in die Mischungskammer zugeführten Gasmischung vermindert werden, was zu einer Verminderung des durch den Gassensor zu erfassenden Ionenstroms führt. Mit anderen Worten, die Empfindlichkeit des Gassensors ist reduziert. Ferner wird, weil eine Elektrode des Sauerstoffsensors der Atmosphärenluft ausgesetzt werden muß, ein Aufbau des Gassensors komplex.

Obwohl die Schwierigkeiten herkömmlicher Gassensoren unter der Annahme erläutert wurden, daß die Gassensoren für die Erfassung der NOx-Konzentration in der Gasmischung verwendet werden, bestehen die gleichen Schwierigkeiten bei Gassensoren zur Erfassung anderer Gasbestandteile, wie SOx, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> oder dergleichen, solange eine Konzentration eines Gasbestandteils durch eine Sensorzelle derart erfaßt wird, daß der Sauerstoffionenstrom gemessen wird, der aus einer Reduktion des Gasbestandteils resultiert.

## Zusammenfassung der Erfindung

Die vorliegende Erfindung wurde angesichts der vorgenannten Schwierigkeiten gemacht und eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Festelektrolyt-Gassensor zur Erfassung einer Konzentration eines Gasbestandteils in einer Gasmischung mit hoher Empfindlichkeit und Genauigkeit zu schaffen, indem der Einfluß von in der Gasmischung enthaltenem Sauerstoff eliminiert wird.

Ein Paar von Sauerstoffpumpzellen wird in dem erfindungsgemäßen Gassensor verwendet, um das in der Gasmischung enthaltene Sauerstoffgas abzupumpen, so daß die Sauerstoffkonzentration im wesentlichen Null wird. Jede Sauerstoffpumpzelle ist angeordnet, der in eine Gasmischungskammer zugeführten Gasmischung gegenüberzuliegen. Dann wird die Gasmischung, aus der der darin enthaltene Sauerstoff abgepumpt oder entfernt ist, zu einer Sensorzelle diffundiert, welche eine Konzentration eines Gasbestandteils in der Gasmischung mißt. Somit wird der nachteilige Einfluß des Sauerstoffgases eliminiert und die Gasbestandteilkonzentration in der Gasmischung kann mit einer hohen Empfindlichkeit und Genauigkeit gemessen werden.

Jede Sauerstoffpumpzelle besteht aus einer sauerstoffionenleitenden Festelektrolytschicht und einem Paar von Elektroden, die an beiden Flächen der Elektrolytschicht an-

geordnet sind. Zwei Elektrolytschichten sind aufeinander laminiert, um eine Gasmischungskammer zu bilden, in welche die Gasmischung eingeführt wird, und eine der Elektroden jeder Pumpzelle ist der Gasmischung ausgesetzt. Wenn der Gasbestandteil, dessen Konzentration durch den Gassensor gemessen werden soll, NOx-Gas ist, bestehen die der Gasmischung ausgesetzten Elektroden der Pumpzellen aus einem Material, wie einer Legierung aus Platin und Gold (Pt-Au), die bezüglich einer Reduktion des Sauerstoffs des NOx in der Gasmischung inaktiv ist, und andere Elektroden sind aus Platin (Pt) gemacht, welches aktiv ist.

Die Sensorzelle zur Messung der Gasbestandteilskonzentration besteht aus einer sauerstoffionenleitenden Feststoffelektrolytschicht und einem Paar von Elektroden aus einem Material wie Platin (Pt), die an beiden Flächen der Elektrolytschicht angeordnet sind. Die die Pumpzelle darauf tragende Elektrolytschicht kann gemeinsam als die Elektrolytschicht für die Sensorzelle benutzt werden. Vorzugsweise werden zwei Sensorzellen in dem Gassensor verwendet, die elektrisch parallel miteinander verbunden sind, um einen höheren Ausgang zu erhalten.

Die Elektrolytschichten haben eine rechteckige Form. Die Pumpzelle und die Sensorzelle sind entweder in der Längsrichtung des Elektrolyts oder in der zu der Längsrichtung senkrechten Richtung nebeneinander ausgerichtet angeordnet. Der Diffusionsabstand (oder -weg) der Gasmischung von der Pumpzelle zu der Sensorzelle kann kürzer gemacht werden, wenn beide Zellen in der Richtung senkrecht zur Längsrichtung ausgerichtet sind. In diesem Fall können beide Zellen in der Längsrichtung verlängert sein und die Gasmischung kann durch eine Vielzahl von Einlaßbohrungen, die in der Pumpzelle ausgebildet sind, in die Gasmischungskammer eingeführt werden.

Eine konstante Spannung wird auf beide Pumpzellen aufgebracht, die elektrisch miteinander parallel verbunden sind, und eine andere konstante Spannung kann auf eine Sensorzelle oder ein Paar parallel miteinander verbundene Sensorzellen aufgebracht werden. Wenn die Spannung auf die Sensorzelle aufgebracht wird, wird ein zur Gasbestandteilskonzentration proportionaler marginaler Ionenstrom gemessen. Es ist zudem möglich, eine die Gasbestandteilskonzentration repräsentierende Spannung durch die Sensorzelle ohne ein Aufbringen einer Spannung darauf zu erfassen.

In dem Diffusionspfad der Gasmischung von der Pumpzelle zu der Sensorzelle kann eine Sauerstoffsensorzelle angeordnet sein, um die Sauerstoffkonzentration in der Gasmischung zu messen, nachdem der darin enthaltene Sauerstoff durch die Pumpzellen abgepumpt wurde. Der Sauerstoffsensor überwacht oder verfolgt die verbleibende Sauerstoffkonzentration und führt diese Information zu den Pumpzellen zurück, um die Sauerstoffkonzentration in der Gasmischung auf eine konstante Höhe zu regeln. Die Elektrolytschichten, die jeweils die Sauerstoffpumpzelle, die Sauerstoffsensorzelle und die Sensorzelle tragen, können in dieser Reihenfolge laminiert sein, und der Diffusionspfad der Gasmischung kann in der Laminationsrichtung gemacht sein, d. h. in der Dickenrichtung, wodurch der Diffusionspfad verkürzt wird.

Eine Heizerschicht kann zusammen mit den Pumpzellen und Sensorzellen tragenden Elektrolytschichten laminiert sein, um ein schnelleres Ansprechen des Gassensors zu erhalten. Andere Ziele und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen deutlich.

### Kurzbeschreibung der Zeichnung

Fig. 1 ist eine Draufsicht, die ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Gassensors zeigt;

5 Fig. 2 ist eine Querschnittsansicht, längs einer Linie II-II in Fig. 1, die den Gassensor gemäß Fig. 1 zeigt;

Fig. 3 ist eine perspektivische Ansicht, die jede in dem ersten Ausführungsbeispiel verwendete Schicht voneinander getrennt zeigt;

10 Fig. 4 ist eine teilweise geschnittene Perspektivansicht, die eine Gassensorbaugruppe zeigt, in die der erfindungsgemäße Gassensor eingebaut ist;

Fig. 5 ist eine Darstellung, die zeigt, wie der Gassensor an einer Abgasleitung einer Brennkraftmaschine angebracht ist;

15 Fig. 6A ist eine Schnittansicht einer Gasmischungskammer zur Erläuterung einer Sauerstoffkonzentration darin, in der lediglich eine Sauerstoffpumpzelle verwendet ist;

Fig. 6B ist eine Querschnittsansicht der Gasmischungskammer zur Erläuterung einer Sauerstoffkonzentration darin, in der zwei Sauerstoffpumpzellen verwendet sind;

20 Fig. 7A ist eine Querschnittsansicht, die einen Gassensor zeigt, in dem eine einzelne Sauerstoffpumpzelle mit einer vergrößerten Fläche verwendet wird;

25 Fig. 7B ist eine Schnittansicht, die einen Gassensor zeigt, in dem zwei Sauerstoffpumpzellen mit einer kleineren Fläche verwendet sind;

Fig. 8 ist eine Schnittansicht, die eine mögliche Modifikation des ersten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung zeigt;

30 Fig. 9 ist eine Schnittansicht, die einen Gassensor gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 10 ist ein Graph, der eine Beziehung zwischen einer 35 einer Sauerstoffsensorzelle des zweiten Ausführungsbeispiels zugeführten Spannung und ihrem Marginalstrom zeigt;

Fig. 11 ist ein Graph, der die Sauerstoffkonzentration in einer Gasmischungskammer des zweiten Ausführungsbeispiels über die Zeit zeigt;

40 Fig. 12 zeigt eine Draufsicht eines Gassensors gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 13 ist eine Schnittansicht längs einer Linie XIII-XIII 45 in Fig. 12, die das dritte Ausführungsbeispiel zeigt;

Fig. 14 ist eine perspektivische Ansicht, die jede in dem dritten Ausführungsbeispiel verwendete Schicht voneinander getrennt zeigt;

Fig. 15 ist ein Graph, der eine Beziehung zwischen einer 50 Querschnittsfläche von Gasmischungseinlaßbohrungen und einem Ausgang des Gassensors des dritten Ausführungsbeispiels zeigt;

Fig. 16 ist eine Draufsicht, die eine erste Modifikation des dritten Ausführungsbeispiels zeigt;

55 Fig. 17 ist eine Draufsicht, die eine zweite Modifikation des dritten Ausführungsbeispiels zeigt;

Fig. 18 ist eine Schnittansicht längs einer Linie XVIII-XVIII in Fig. 17, die die zweite Modifikation des dritten Ausführungsbeispiels zeigt;

60 Fig. 19 ist eine Draufsicht, die ein viertes Ausführungsbeispiel eines Gassensors gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt; und

Fig. 20 ist eine Schnittansicht längs einer Linie XX-XX in Fig. 19, die das vierte Ausführungsbeispiel zeigt.



Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele  
(Erstes Ausführungsbeispiel)

Ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfundungsgemäßen Festelektrolyt-Gassensors wird nachfolgend unter Bezugnahme auf Fig. 1 bis 7 beschrieben. Der Gassensor gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel wird zur Erfassung einer NOx-Konzentration in einer Gasmischung in einer Abgasleitung einer Brennkraftmaschine verwendet. Der Gassensor ist in die Abgasleitung der Maschine eingebaut, wie in Fig. 5 gezeigt ist.

Wie in Fig. 1, 2 und 3 gezeigt ist, hat der Gassensor 1 zwei Sauerstoffpumpzellen (eine erste Sauerstoffpumpzelle 21 und eine zweite Sauerstoffpumpzelle 31) und zwei Sensorzellen (eine erste Sensorzelle 3 und eine zweite Sensorzelle 51). Die Gasmischung 8 wird in eine Gasmischungskammer 100 durch eine Einlaßbohrung (feines Loch) 121 zugeführt. Sauerstoffgas 89 in der Gasmischungskammer 100 wird daraus durch Betrieb der Pumpzellen 21 und 31 abgepumpt. Die Gasmischung, aus der Sauerstoff eliminiert wurde, wird in den Sensorzellenbereich diffundiert und die NOx-Konzentration wird durch die Sensorzellen 3 und 51 gemessen.

Die erste Pumpzelle 21 besteht aus einer ersten sauerstoffionenleitenden Elektrolytschicht 12 und einem Paar von Elektroden 218 und 219, die an beiden Flächen davon angeordnet sind. Die zweite Pumpzelle 31 besteht aus einer zweiten sauerstoffionenleitenden Elektrolytschicht 13 und einem Paar von Elektroden 318 und 319, die an beiden Flächen davon angeordnet sind. Die erste Sensorzelle 3 besteht aus der ersten Elektrolytschicht 12 und einem Paar von Elektroden 38 und 39, die an beiden Flächen davon angeordnet sind. Die zweite Sensorzelle 51 besteht aus der zweiten Elektrolytschicht 13 und einem Paar von Elektroden 338 und 339, die an beiden Flächen davon angeordnet sind. Eine Elektrode 218 der ersten Pumpzelle 21 und eine Elektrode 318 der zweiten Pumpzelle 31 liegen der Gasmischung in der Kammer 100 gegenüber. Eine Elektrode 38 der ersten Sensorzelle 3 und eine Elektrode 338 der zweiten Sensorzelle 51 liegen der Gasmischung in der Kammer 100 gegenüber. Beide Elektroden 218 und 318, die der Gasmischung gegenüberliegen, sind aus einem Material gemacht, welches hinsichtlich einer Reduktion von Sauerstoff im NOx in Sauerstoffionen inaktiv ist, während all die anderen Elektroden 219, 319, 38, 39, 338 und 339 aus einem Material gemacht sind, welches hinsichtlich einer Reduzierung von Sauerstoff im NOx in Sauerstoffionen aktiv ist. Die erste und die zweite Sauerstoffpumpzelle 21 und 31 sind einander in der Gasmischungskammer 100 gegenüberliegend angeordnet. Eine konstante Spannung, beispielsweise 0,8 V, ist zwischen den Elektroden 218 und 219 der ersten Pumpzelle 21 und zwischen den Elektroden 318 und 319 der zweiten Pumpzelle 31 von einer Spannungsquelle 246 angelegt. Dies bedeutet, beide Pumpzellen 21 und 31 sind bezüglich der Spannungsquelle 246 parallel geschaltet. Indem der Sauerstoff in der Gasmischung in der Kammer 100 durch Betrieb der Pumpzellen 21 und 31 abgepumpt wird, wird die Sauerstoffkonzentration darin im wesentlichen auf Null gehalten (beispielsweise weniger als 0,01 ppm). Auf die gleiche Weise sind die erste und die zweite Sensorzelle 3 und 51 einander in der Gasmischungskammer 100 gegenüberliegend angeordnet. Eine konstante Spannung, beispielsweise 0,5 V, ist zwischen den Elektroden 38 und 39 der ersten Sensorzelle 3 und zwischen den Elektroden 338 und 339 der zweiten Sensorzelle 51 von einer Spannungsquelle 36 angelegt. In anderen Worten, zwei Sensorzellen 3 und 51 sind bezüglich der Spannungsquelle 36 parallel geschaltet oder verbunden.

Die Gasmischungskammer 100 ist zwischen der ersten Elektrolytschicht 12 und der zweiten Elektrolytschicht 13 ausgebildet und unterhalb der zweiten Elektrolytschicht 13 ist ein Luftdurchlaß 150 zwischen der zweiten Elektrolytschicht 13 und einer Heizerschicht 141, die durch eine Deckschicht 142 abgedeckt ist, ausgebildet. Die Heizerschicht 141 mit einem darauf angeordneten Heizfilm 140 beheizt den Gassensor 1. Der Luftdurchlaß 150 ist über ein kleines Loch 146 mit atmosphärischen Luft verbunden. Eine Abstandsschicht 125 ist zwischen der ersten und der zweiten Elektrolytschicht 12 und 13 angeordnet und eine andere Abstandsschicht 135 ist zwischen der zweiten Elektrolytschicht 13 und der Deckschicht 142 zwischengeordnet. Die Schichten 125, 135, 141 und 142 sind aus Aluminiumoxid gemacht. Das Sauerstoffgas 89 wird aus der Gasmischungskammer 100 durch die erste Pumpzelle 21 und die erste Sensorzelle 3 abgepumpt, während es durch die zweite Pumpzelle 31 und die zweite Sensorzelle 51 in den Luftdurchlaß 150 abgepumpt wird.

Einzelheiten des Sensorsaufbaus werden hauptsächlich unter Bezugnahme auf Fig. 3 beschrieben, in der jede den Gassensor 1 bildende Schicht separat von der obersten Schicht bis zur untersten Schicht gezeigt ist. Auf der ersten Elektrolytschicht 12 sind die die erste Pumpzelle 21 bildende Elektrode 219, die die erste Sensorzelle 3 bildende Elektrode 39 und Leitungsdrähte 259 sowie Anschlüsse 267 und 269 zur Verbindung der Elektroden in elektrischen Schaltkreisen 245 und 35 angeordnet. Unterhalb der ersten Elektrolytschicht 12 sind die die erste Pumpzelle 21 bildende Elektrode 218, die die erste Sensorzelle 3 bildende Elektrode 38 und Leitungsdrähte 258 sowie Anschlüsse 268 für deren elektrische Verbindung vorgesehen. Die Anschlüsse 267 und 268 sind elektrisch durch Durchgangsbohrungen 266 verbunden. Die Abstandsschichten 125 mit einem die Gasmischungskammer 100 bildenden Fenster 126, kommt unter die erste Elektrolytschicht 12. Bohrungen 266 darin sind für elektrische Verbindungen. Auf der zweiten Elektrolytschicht 13 sind die die zweite Pumpzelle 31 bildende Elektrode 318, die die zweite Sensorzelle 51 bildende Elektrode 338 und Leitungen (oder Leitungsdrähte) 358 sowie Anschlüsse 368 für elektrische Verbindungen angeordnet. Unterhalb der zweiten Elektrolytschicht 13 sind die die zweite Pumpzelle 31 bildende Elektrode 319, die die zweite Sensorzelle 51 bildende Elektrode 339 und Leitungsdrähte 359 sowie Anschlüsse 369 vorgesehen. Die andere Abstandsschicht 135 mit einem den Luftdurchlaß 150 bildenden Fenster 136 ist unterhalb der zweiten Elektrolytschicht 13 angeordnet. Dann kommt die Deckschicht 142 mit einem kleinen Loch 146 zur Abgabe des Sauerstoffs dadurch, um die Heizerschicht 141 abzudecken. Unterhalb der Deckschicht 142 befindet sich die Heizerschicht 141 mit einem Heizfilm 140 zur Heizung des Gassensors, Leitungsdrähten 149 und dem kleinen Loch 146 zur Abgabe des Sauerstoffs dadurch. Unterhalb der Heizerschicht 141 sind Anschlüsse 147 zur elektrischen Verbindung des Heizfilms 140 über Durchgangslöcher 148 angeordnet. Die Gasmischung wird durch Einlaßbohrungen 121 (feine Löcher) der Mischungskammer 100 zugeführt, die an dem linken Ende der Elektroden 219 und 218 durch die erste Elektrolytschicht 12 ausgebildet sind. Das kleine Loch 146 zur Abgabe von Sauerstoff, das in der Heizerschicht 141 ausgebildet ist, ist an einer Position angeordnet, in der es nicht mit dem Heizfilm 140 kollidiert oder wechselwirkt.

Ein Voltmeter V1 (in Fig. 2 gezeigt) zur Messung der Spannung der parallel geschalteten Pumpzellen 21 und 31 ist in dem Schaltkreis 245 angeordnet und ein Ampermeter A0 (in Fig. 2 gezeigt) zur Messung des Marginal-Ionenstroms der parallel geschalteten Sensorzellen 3 und 51 ist in



dem Schaltkreis 35 angeordnet.

Die erste und die zweite sauerstoffionenleitende Elektrolytschicht 12 und 13 sind aus Ytriumoxid stabilisiertem Zirkon(di)oxid (YSZ) gemacht und die Breite, die Länge und die Dicke davon sind in dieser Reihenfolge 7 mm, 61 mm und 0,16 mm bei diesem speziellen Ausführungsbeispiel. Die Abstandsschichten 125 und 135 sind aus Aluminium-oxid gemacht und dies Breite, die Länge und die Dicke davon sind 7 mm, 61 mm und 0,16 mm in dieser Reihenfolge. Die Pumpzellenelektroden 218 und 318, die der Gasmischungskammer 100 gegenüberliegen, sind aus einer Platin-goldlegierung (Pt-Au) gemacht, die 1 Gewichtsprozent Gold (Au) enthält. Die anderen Pumpzellenelektroden 219 und 319 und alle Sensorzellenelektroden 38, 39, 338 und 339 sind aus Platin (Pt) gemacht. Der Heizfilm 140 ist aus Platin (Pt) gemacht. Der Flächeninhalt der Oberfläche der Pumpzellenelektroden 218, 219, 318 und 319 beträgt etwa 70 mm<sup>2</sup> und der Flächeninhalt der Oberfläche der Sensorzellenelektroden 38, 39, 338 und 339 beträgt etwa 12 mm<sup>2</sup> in diesem speziellen Ausführungsbeispiel.

Der Gassensor 1 ist mit den folgenden Verfahren hergestellt. Zunächst werden Grünlinge oder Grüntafeln für die erste und die zweite Elektrolytschicht 12 und 13, für die Abstandsschichten 125 und 135, für die Heizerschicht 141 und für die Deckschicht 142 hergestellt. Dann werden alle Elektroden, die Leitungsdrähte, die Anschlüsse und der Heizfilm auf die entsprechenden Grünlinge aufgedrückt. Die Grünlingschichten werden alle in der in Fig. 3 gezeigten Reihenfolge aufeinander laminiert und unter einem Druck bei einer Temperatur von 1500°C–1600°C gebrannt. Somit werden all die Schichten als der Gassensor 1 einstückig bzw. als ein einzelner Körper ausgebildet.

Der Gassensor 1 ist in eine in Fig. 4 gezeigte Gassensorbaugruppe 4 eingebaut. Die Gassensorbaugruppe 4 hat einen Halter 42 zum Halten des Gassensors 1 darauf, eine Abdeckung 41 zum Abdecken des Gassensors 1 und zum Schutz des Gassensors 1 gegen das Abgas in der Abgasleitung der Maschine, ein Gehäuse 44 zur Aufnahme von Leitungsdrähten 49 für elektrische Verbindungen darin und einen Flansch 43 zur Befestigung der Gassensorbaugruppe 4 in der Abgasleitung. In der Abdeckung 41 sind Bohrungen zum Einführen der Gasmischung in den Gassensor 1 ausgebildet. Wie in Fig. 5 gezeigt ist, ist die Gassensorbaugruppe 4 stromabwärts eines Dreiwegekatalysators 53 an der Abgasleitung 50 angebracht. Stromaufwärts des Dreiwegekatalysators 53 ist ein Luft-Brennstoff-Verhältnissensor 52 (A/F Sensor, air-fuel-ratio Sensor) an der Abgasleitung 50 angebracht. Das Abgas von einer Maschine 51 strömt durch die Abgasleitung 50 ab. Eine Magerverbrennungssteuerung der Maschine 51 und eine Erfassung einer Beeinträchtigung des Dreiwegekatalysators 53 werden auf der Basis von Signalen von der Gassensorbaugruppe 4 und dem A/F Sensor 52 ausgeführt.

Die NOx-Konzentration in der Gasmischung wird durch den Festelektrolyt-Gassensor 1 auf die nachfolgend beschriebene Weise erfaßt. Die von der Maschine 51 abgegebene Gasmischung 8 fließt durch den Dreiwegekatalysator 53 und erreicht den Gassensor 1 in der Abgasleitung 50. Die Gasmischung 8 erreicht die Gasmischungskammer 100 durch die Einlaßbohrung 121, wie in Fig. 2 gezeigt ist. Das Sauerstoffgas 89 in der Kammer 100 wird durch die Sauerstoffpumpzellen 21 und 31 abgepumpt. Eine konstante Spannung (beispielsweise 0,8 V) wird an beide Pumpzellen 21 und 31 angelegt und dadurch wird die Sauerstoffkonzentration der Gasmischung in der Kammer 100 auf eine Höhe oder einen Pegel von im wesentlichen Null reduziert (beispielsweise weniger als 0,01 ppm). Die im wesentlichen keinen Sauerstoff enthaltende Gasmischung diffundiert in

die Kammer 100 und erreicht die Nähe der Sensorelektroden 38 und 338. Der Sauerstoff des in der Gasmischung enthaltenen NOx-Gases wird durch Berühren der Sensorelektroden 38 und 338 zu Sauerstoffionen reduziert. Weil eine konstante Spannung (beispielsweise 0,5 V) sowohl auf die erste als auch die zweite Sensorzelle 3 und 51 aufgebracht ist, fließt ein der Sauerstoffionenkonzentration, die proportional zu der NOx-Konzentration ist, entsprechender Marginalionenstrom durch die erste und die zweite Elektrolytschicht 12 und 13 und wird durch das Amperemeter A0 erfaßt.

Bei dem oben beschriebenen Vorgang ist es wichtig, die Sauerstoffkonzentration in der Gasmischung durch die Pumpzellen 21 und 31 auf eine Höhe von im wesentlichen Null zu reduzieren, bevor die NOx-Konzentration durch die Sensorzellen 3 und 51 gemessen wird. Wenn lediglich eine Pumpzelle 90 der Gasmischung in der Kammer 100 gegenüberliegend vorgesehen ist, wie in Fig. 6A gezeigt ist, wird lediglich die Gasmischung in einer Nähe der Elektrode 218 ionisiert und durch die erste Elektrolytschicht 12 abgepumpt und der von der Elektrode 218 entfernte oder beabstandete Sauerstoff wird weder ionisiert noch abgeführt. Folglich wird die Sauerstoffkonzentration in der Kammer 100 nicht gleichmäßig reduziert und sie zeigt eine größere Höhe in einer Nähe der zweiten Elektrolytschicht 13, wie durch einen Graph auf der linken Seite von Fig. 6A gezeigt ist. Wenn zwei Pumpzellen 21 und 31 der Kammer 100 gegenüberliegend angeordnet sind, wie in dem in Fig. 6B gezeigten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, wird der Sauerstoff in der Gasmischung an einem unteren Teil der Kammer 100 durch Betrieb der zweiten Pumpzelle 31 ebenfalls abgepumpt. Folglich wird der Sauerstoff in der Gasmischung nahezu vollständig abgepumpt. Zudem wird die Menge des aus der Kammer 100 abgepumpten Sauerstoffs groß und entsprechend kann eine größere Menge der Gasmischung in die Kammer 100 zugeführt werden. Dies trägt wesentlich zur Verbesserung der Sensorempfindlichkeit hinsichtlich des zu messenden Gasbestandteiles (NOx-Gas im vorliegenden Ausführungsbeispiel) bei.

Es könnte möglich sein, den Flächeninhalt der Oberfläche einer einzelnen Pumpzelle 91 zu vergrößern, um die Menge des aus der Kammer 100 abgepumpten Sauerstoffgases zu erhöhen, wie in Fig. 7 gezeigt ist. In diesem Fall wird jedoch eine Diffusionslänge L (ein Abstand von der Gasmischungseinlaßbohrung 121 zu der Sensorelektrode 338) groß, weil eine Längserstreckung oder Länge der Pumpzellenelektrode 218 ebenfalls lang wird, wenn der Flächeninhalt der Oberfläche der Elektrode vergrößert wird. Je länger die Diffusionslänge L wird, um so geringer wird die Menge des die Sensorzelle erreichenden zu messenden Gases. Entsprechend wird die Empfindlichkeit des Gassensors gering. Wenn zwei Pumpzellen 21 und 31 wie bei dem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung angeordnet werden, kann ein ausreichend großer Flächeninhalt der Pumpzellenelektrode geschaffen werden, ohne die Diffusionslänge L länger zu machen, wie in Fig. 7B gezeigt ist. Weil ferner zwei Sensorzellen 3 und 51 einander gegenüberliegend in der Kammer 100 gemäß der vorliegenden Erfindung, wie in Fig. 2 gezeigt ist, angeordnet sind, kann die NOx-Konzentration durch Zusammenarbeit der zwei Sensorzellen erfaßt werden. Folglich ist die Sensorempfindlichkeit verbessert.

Weil in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel zwei Pumpzellen 21 und 31 elektrisch miteinander parallel geschaltet sind, kann die elektrische Verbindung einfach sein und beide Zellen können gleichzeitig gesteuert werden. Weil beide Sensorzellen 3 und 51 ebenfalls parallel geschaltet sind, ist deren Verbindung einfach und die Summe des durch



beide Sensorzellen fließenden Ionenstroms kann leicht abgegriffen werden. Weil die Sensorzellen 3 und 51 auf der stromabwärtigen Seite der Diffusion der Mischung angeordnet sind, kann die NOx-Konzentration gemessen werden, nachdem der in der Gasmischung enthaltene Sauerstoff durch die zwei Pumpzellen 21 und 31, die auf der stromaufwärtigen Seite der Diffusion der Mischung angeordnet sind, ausreichend abgepumpt wurde. Weil der Heizer unterhalb der Elektrolytschichten angeordnet ist, können die Pumpzellen und die Sensorzellen schnell auf eine Temperatur aufgeheizt werden, bei der sie aktiv werden. Folglich wird die NOx-Konzentration kurz nach dem die Maschine gestartet wurde erfaßt und entsprechend können die Maschinensteuerung und die Verschlechterungserfassung des Dreiwegekatalysators mit schnellem Ansprechen ausgeführt werden.

Die Gasmischungseinlaßbohrung 121 ist in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel durch ein nadelfeines Loch gebildet, und die Sauerstoffauslaßbohrung ist von einem kleinen Loch gebildet. Diese Einlaß- und Auslaßbohrungen können aus Löchern bestehen, die mit einem porösen Material darin gefüllt sind.

Die relative Position der ersten Pumpzelle 21 und der zweiten Pumpzelle 31 kann, wie in Fig. 8 gezeigt ist, modifiziert werden. Gemäß Fig. 8 ist die zweite Pumpzelle 31, welche in dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 unmittelbar unter der ersten Pumpzelle 21 angeordnet ist, zur rechten Seite der ersten Pumpzelle 21 verschoben. Bei diesem Aufbau wird der Sauerstoff in der Gasmischung in der Nähe der Elektrode 218 durch die erste Pumpzelle 21 abgepumpt und der Sauerstoff in der Nähe der Elektrode 318 wird von der zweiten Pumpzelle 31 abgepumpt. Die Sauerstoffkonzentrationskurven unter der ersten Pumpzelle 21 und über der zweiten Pumpzelle 31 verlaufen wie durch den linksseitigen Graph beziehungsweise den rechtsseitigen Graph in Fig. 8 gezeigt ist. Der Sauerstoff in der Gasmischungskammer 100 kann auch bei diesem Aufbau insgesamt im wesentlichen auf eine Höhe von Null (beispielsweise unter 0,01 ppm) abgepumpt werden.

#### (Zweites Ausführungsbeispiel)

Nun wird ein zweites Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf Fig. 9 bis 11 beschrieben. Der Gassensor 5, als das zweite in Fig. 9 gezeigte Ausführungsbeispiel, hat einen ähnlichen Aufbau wie das erste Ausführungsbeispiel. Im Vergleich zum ersten Ausführungsbeispiel ist eine Sauerstoffsensorzelle 22 zwischen den Pumpzellen (21, 31) und der Sensorzelle hinzugefügt und es wird lediglich eine Sensorzelle 3 in dem zweiten Ausführungsbeispiel verwendet. Teile oder Komponenten, die mit den gleichen Bezugszeichen wie im ersten Ausführungsbeispiel bezeichnet sind, führen die gleichen Funktionen aus, wie die des ersten Ausführungsbeispiels. Folglich werden diesbezügliche Erläuterungen hier nicht wiederholt, sondern die Erläuterungen hier richten sich auf die Unterschiede.

Die Sauerstoffsensorzelle 22 hat ein Paar von Elektroden 228 und 229 die an beiden Flächen der ersten Elektrolytschicht 12 angeordnet sind. Die Elektrode 228 liegt der Gasmischung in der Gasmischungskammer 100 gegenüber und ist aus einer Platin- und Goldlegierung (Pt-Au) gemacht, die 1 Gewichtsprozent Gold enthält und die hinsichtlich der Reduktion des Sauerstoffs des NOx in Ionen inaktiv ist, und die an der äußeren Oberfläche 129 der ersten Elektrolytschicht 12 angeordnete andere Elektrode 229 ist aus Platin (Pt) gemacht. Eine konstante Spannung (beispielsweise 0,8 V) wird zwischen beiden Elektroden 228 und 229 mittels einer Spannungsquelle 226 angelegt. Der zur Sauerstoffgaskonzentration in der Kammer 100 proportionale Ionenstrom

wird durch ein Amperemeter A1 gemessen und über ein Steuergerät 216 in den Schaltkreis 215 zurückgeführt, um die Sauerstoffkonzentration in der Kammer 100 auf einer konstanten Höhe zu halten. Das Steuergerät 216 hat eine 5 Spannungsquelle zum Aufbringen einer Spannung auf das Paar von Pumpzellen 21 und 31, die miteinander parallel geschaltet sind, und hat einen veränderlichen Widerstand zum Regeln der Spannung entsprechend dem von der Sauerstoffsensorzelle 22 zurückgeführten Ionenstrom. Der Flächeninhalt der Elektroden 228 und 229 beträgt etwa 12 mm<sup>2</sup> bei diesem speziellen Ausführungsbeispiel.

Der Gassensor 5, als das zweite Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, arbeitet auf die folgende Weise. Die Gasmischung in der Abgasleitung wird durch die Einlaßbohrung 121 in die Mischungskammer 100 zugeführt. Das in der Gasmischung enthaltene Sauerstoffgas 89 wird durch die Sauerstoffpumpzellen 21 und 31 auf die gleiche Weise wie in dem ersten Ausführungsbeispiel abgepumpt. Die Sauerstoffgaskonzentration in der Kammer 100 wird 15 durch die Sauerstoffsensorzelle 22, die ebenfalls als eine Pumpzelle arbeitet, angezeigt oder überwacht. Der durch die 20 erste Elektrolytschicht 12 fließende Ionenstrom repräsentiert die Sauerstoffkonzentration in der Kammer 100.

Fig. 10 zeigt eine Beziehung zwischen der auf die Sauerstoffsensorzelle 22 aufgebrachten Spannung und einem dadurch fließenden Marginalionenstrom. Der Marginalionenstrom bedeutet Höhen oder Pegel des Ionenstroms, welche unabhängig von der aufgebrachten Spannung flach oder eben sind. Je größer der Marginalstrom wird, um so höher 25 ist die Sauerstoffkonzentration in der Kammer 100. In dem Graph von Fig. 10 entspricht der Marginalstrom I0 einer Zielhöhe oder einem Vorgabewert der Sauerstoffkonzentration in der Kammer 100 und die Marginalströme I2 und I1 entsprechen einer höheren beziehungsweise niedrigeren 30 Sauerstoffkonzentration. Wenn die Sauerstoffsensorzelle 22 erfaßt, daß der Marginalstrom I2 ist, wird die an die Pumpzellen 21 und 31 angelegte Spannung erhöht, so daß mehr Sauerstoff aus der Kammer 100 abgepumpt wird. Wenn der Marginalstrom II wird, wird die an den Pumpzellen 21 und 35 31 angelegte Spannung vermindert, so daß das Abpumpen des Sauerstoffs unterdrückt wird.

Indem das Abpumpen des Sauerstoffs auf die oben beschriebene Weise gesteuert wird, ergibt sich die Sauerstoffkonzentration um die Pumpzellelektronen 218 und 318 in 40 der Kammer 100 wie in einem oberen Graph in Fig. 11 gezeigt ist. Die Sauerstoffkonzentration fluktuiert innerhalb eines Bereichs von W1, der ausreichend klein ist, um die Höhe konstant zu halten, und ihre durchschnittliche Höhe ist Y1. Weil das Sauerstoffgas ferner durch die Sauerstoffsensorzelle 22 bei diesem Ausführungsbeispiel abgepumpt wird, erreicht die Sauerstoffkonzentration um die Elektroden 228 und 229 der Sensorzelle 22 eine Höhe, wie sie in einem unteren Graph in Fig. 11 gezeigt ist. Sie fluktuiert innerhalb eines kleineren Bereichs W2 und ihre durchschnittliche Höhe wird Y2, die niedriger ist, als die Höhe Y1. Die eine sehr geringe Menge oder Höhe an Sauerstoff enthaltende Gasmischung erreicht die Elektrode 38 der Sensorzelle 3, wo der Sauerstoff des NOx zu Sauerstoffionen reduziert wird. Das mit der Sensorzelle 3 verbundene Amperemeter A0 erfaßt den zu der NOx-Konzentration in der Gasmischung proportionalen Ionenstrom auf die gleiche Weise, wie in dem ersten Ausführungsbeispiel. Weil die Sauerstoffkonzentration in der Gasmischung im wesentlichen auf einer konstanten Höhe gehalten wird, wird die NOx-Konzentration in der Gasmischung durch das Amperemeter A0 akkurat gemessen, ohne durch das Sauerstoffgas in der Gasmischung gestört zu werden.

Obwohl der Marginalionenstrom, der durch die Sauer-



stoffsensorzelle 22 erfaßt wird, an die eine konstante Spannung angelegt ist, zur Steuerung der Pumpzellen in dem obigen Ausführungsbeispiel verwendet wird, kann eine Spannung zwischen den Elektroden 38 und 39 der Sauerstoffsensorzelle 22 für diesen Zweck verwendet werden.

(Drittes Ausführungsbeispiel)

Ein Gassensor 6 als ein drittes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird unter Bezugnahme auf Fig. 12 bis 15 beschrieben. Teile oder Komponenten, die durch die gleichen Bezugszeichen bezeichnet sind, wie in dem ersten und dem zweiten Ausführungsbeispiel, führen die gleichen Funktionen wie in diesen Ausführungsbeispielen aus und haben den gleichen Aufbau. Folglich werden genaue Beschreibungen davon hier nicht wiederholt, sondern Unterschiede des dritten Ausführungsbeispiels gegenüber den vorhergehenden Ausführungsbeispielen werden beleuchtet.

In dem dritten Ausführungsbeispiel sind die erste Pumpzelle 21 und die erste Sensorzelle 3 in einer Richtung längs der Breite des Gassensors 6 nebeneinander auf der ersten Festelektrolytschicht 12 angeordnet (im Unterschied zu den vorhergehenden Ausführungsbeispielen, in denen sie in einer Längsrichtung des Gassensors 1 nebeneinander angeordnet sind).

Auf die gleiche Weise sind die zweite Pumpzelle 31 und die zweite Sensorzelle 51 in einer Richtung längs der Breite des Gassensors 6 nebeneinander auf der zweiten Festelektrolytschicht 13 angeordnet. Das Paar von Pumpzellen 21 und 31 und das Paar von Sensorzellen 3 und 51 bilden eine Einheit 30 und drei der Einheiten 30 sind in Serie in der Längsrichtung des Sensors 6 angeordnet, wie in Fig. 12 am besten zu sehen ist. Die Einlaßbohrung zum Zuführen der Gasmischung in die Kammer 100 ist durch die erste Pumpzellelektrode 219 und den ersten Elektrolyten 12 jeder Einheit 30 ausgebildet, wie in Fig. 12, 13 und 14 gezeigt ist. Wie in Fig. 14 gezeigt ist, ist die in der Abstandsschicht 125 ausgebildete Gasmischungskammer 100 durch Trennwände 127 in drei Kammern unterteilt, welche jeweils einer Einheit 30 gegenüberliegen. Der in der Abstandsschicht 135 ausgebildete Luftdurchlaß 150 hat drei Abschnitte, die teilweise durch schmale Wände 137 abgeteilt sind und miteinander verbunden sind. Jeder Flächeninhalt der Flächen der Pumpzellelektroden 218, 219, 318 und 319 beträgt etwa 40 mm<sup>2</sup> (bei insgesamt drei Einheiten 30) und jeder Flächeninhalt der Sensorelektroden 38, 39, 338 und 339 beträgt etwa 30 mm<sup>2</sup> (bei insgesamt drei Einheiten 30). Die Gasmischungseinlaßbohrungen 121 sind feine Löcher (nadelfeine Löcher) mit einem Durchmesser von 0,2 mm und sind an den von den Sensorzellelektroden entfernten Kanten der Pumpzellelektroden ausgebildet, wie am besten in Fig. 12 zu sehen ist. Andere Strukturen sind die gleichen oder im wesentlichen die gleichen wie die des ersten Ausführungsbeispiels und der Gassensor 6 wird mit dem gleichen Verfahren hergestellt, wie das erste Ausführungsbeispiel.

Der Gassensor 6 gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel funktioniert auf die folgende Weise. Der Gassensor 6 ist, wie in Fig. 5 gezeigt ist, an der Abgasleitung 50 angebracht und die Gasmischung (Abgas) wird in die Mischungskammer 100 durch die Einlaßbohrungen 121 zugeführt und diffundiert in die Kammer 100. Das in der Gasmischung enthaltene Sauerstoffgas 89 wird mittels des Paares Sauerstoffpumpzellen 21 und 31 abgepumpt, an die eine konstante Spannung (beispielsweise 0,8 V) angelegt ist. Die Sauerstoffkonzentration in der Gasmischung wird im wesentlichen auf die Höhe 0 (beispielsweise weniger als 0,01 ppm) durch den Pumpbetrieb der Pumpzellen redu-

ziert. Die im wesentlichen kein Sauerstoffgas enthaltende Gasmischung diffundiert in die Kammer 100 und berührt die Sensorelektroden 38 und 338. Der Sauerstoff des NOx in der Gasmischung wird zu Sauerstofionen 87 reduziert, die von der Kammer 100 durch das Paar von Sensorzellen 3 und 51, an welche eine konstante Spannung (beispielsweise 0,5 V) angelegt ist, abgeführt. Der zu der NOx-Konzentration proportionale Ionenstrom (der Marginalstrom) wird durch ein mit dem Paar von Sensorzellen 3 und 51 verbundenes Amperemeter A0 gemessen.

Der Diffusionsdurchlaß in der Kammer 100 von den Pumpzellen 21 und 31 zu den Sensorzellen 3 und 51 ist in diesem Ausführungsbeispiel kurz, weil die Pump- und Sensorzellen in einer Richtung längs der Breite der Elektrolytschichten 12 und 13 nebeneinander angeordnet sind, und die Länge in Längsrichtung sowohl der Pump- als auch der Sensorzellen kann länger gemacht werden. Zudem kann, weil drei Einheiten 30, die jeweils die Pump- und Sensorzellen haben, in Serie oder hintereinander in der Längsrichtung des Gassensors angeordnet sind und weil die Gasmischung in die Kammer 100 durch die drei Einlaßbohrungen 121 zugeführt wird, von denen jede an der entsprechenden Einheit 30 vorgesehen ist, eine durch jede Einlaßbohrung 121 zugeführte Menge an Gasmischung klein gemacht werden. Entsprechend wird der in der Gasmischung enthaltene Sauerstoff ausreichend von jedem Paar von Pumpzellen 21 und 31 abgepumpt. Dies resultiert in einer höheren Empfindlichkeit des Gassensors 6.

Fig. 15 zeigt eine Beziehung zwischen einer Querschnittsfläche und einem Ausgang des Gassensors. Wenn die Querschnittsfläche der Pumpzellelektrode sehr groß wäre und der Diffusionsabstand von der Pumpzelle zu der Sensorzelle nicht berücksichtigt würde, würde der Ausgang des Sensors proportional zur Querschnittsfläche der Einlaßbohrung zunehmen, wie in einer Linie "a" in Fig. 15 gezeigt ist. Andererseits würde der Ausgang des Gassensors proportional zu dem Diffusionsabstand oder -weg abnehmen, wie in einer Kurve "b" in Fig. 15 gezeigt ist, wenn die Menge zugeführter Gasmischung konstant wäre. Weil jedoch die Größe der Pumpzellelektrode eine gewisse Grenze hat und die Menge der Gasmischung entsprechend einer Zunahme der Querschnittsfläche der Einlaßbohrung zunimmt, ergibt sich der Ausgang des Gassensors 6, wie mit einer Kurve "c" in Fig. 15 gezeigt ist. Dies bedeutet, daß es eine optimale Größe der Querschnittsfläche der Einlaßbohrung gibt, um einen maximalen Ausgang von dem Gassensor 6 zu erhalten. Ein Punkt "d" zeigt den Maximalausgang. Folglich ist es vorteilhaft, die Größe der Einlaßbohrung 121 bei einer der dem Punkt "d" entsprechenden Größe zu wählen. Weil die erste Sensorzelle 3 und die zweite Sensorzelle 51 jeder Einheit 30 parallel geschaltet sind, wird der zu der NOx-Konzentration in der Gasmischung proportionale Ionenstrom als eine Summe von zwei Sensorzellen erfaßt und der Gassensor 6 hat entsprechend eine hohe Empfindlichkeit. Zudem zeigt der Gassensor 6 eine hohe Empfindlichkeit sogar für eine kleine Änderung der NOx-Konzentration, weil der Ionenstrom als ein Marginalstrom wie oben beschrieben erfaßt wird. Weil die Gasmischungseinlaßbohrungen 121 an einem von der Sensorzelle entfernten Ende ausgebildet sind, kann der in der Gasmischung enthaltene Sauerstoff durch die Pumpzellen während der Diffusion der Gasmischung in der Kammer 100 ausreichend abgepumpt werden. Weil die Gasmischungskammer 100 in drei unabhängige Kammern unterteilt ist, von denen jede jeweils einer Einheit 30 entspricht, wie in Fig. 14 gezeigt ist, diffundiert eine im wesentlichen gleiche Menge der Gasmischung zu jedem Paar Sensorzellen 3 und 51. Dies trägt zum Erhalt eines stabilen Ausgangs von dem Gassensor 6 bei. Weil das Abpumpen



des in der Gasmischung enthaltenen Sauerstoffgases mittels des Paares Sauerstoffpumpzellen 21 und 31 ausgeführt wird, kann die Sauerstoffkonzentration in der Kammer 100 auf eine Höhe von im wesentlichen 0 abgesenkt werden. Entsprechend kann die NOx-Konzentration in der Gasmischung mit einer hohen Genauigkeit und einer hohen Empfindlichkeit erfaßt werden, ohne durch das in der Gasmischung enthaltene Sauerstoffgas gestört zu werden.

Der zuvor als das dritte Ausführungsbeispiel beschriebene Gassensor 6 kann zu einer in Fig. 16 gezeigten Form modifiziert werden, in der der modifizierte Gassensor als ein Gassensor 19 gezeigt ist. Bei dieser Modifikation sind alle Pumpzellenelektroden und Sensorzellenelektroden, die im dritten Ausführungsbeispiel aus drei Teilen bestehen, zu einzelnen rechteckigen Elektroden zusammengefaßt, wie in Fig. 16 gezeigt ist. Weil die Form der Elektroden bei dieser Modifikation vereinfacht ist, kann der Gassensor 19 mit einfacheren Verfahren hergestellt werden.

Es ist zudem möglich, den Aufbau des Gassensors 6 in eine in Fig. 17 und 18 gezeigte Form zu modifizieren, wobei der modifizierte Gassensor als ein Gassensor 18 gezeigt ist. In dieser Modifikation ist die erste Sensorzelle 3 in einem in der ersten Pumpzelle 21 ausgebildeten Raum angeordnet und die zweite Sensorzelle 51 ist in einem in der zweiten Pumpzelle 31 ausgebildeten Raum angeordnet. Mit anderen Worten, die Sensorelektrode ist zwischen den Pumpzellen angeordnet, so daß der Gasdiffusionsabstand oder -weg von einem Pumpzellenbereich zu einem Sensorzellenbereich in der Kammer 100 kürzer wird. Die Gasmischung wird durch 6 Einlaßbohrungen 121, die durch erste Pumpzellenelektroden (218, 219) und die erste Elektrolytschicht 12 ausgebildet sind, in die Kammer 100 zugeführt. Andere Strukturen und Funktionen dieser Modifikation sind die gleichen, wie die des dritten Ausführungsbeispiels. Weil der Diffusionsabstand oder -weg in dieser Modifikation kurz ist, kann eine größere Menge an Gasmischung zu den Sensorzellen diffundieren, was wiederum die Empfindlichkeit des Gassensors 18 erhöht. Obwohl die Sensorzellen in dieser Modifikation zwischen den Pumpzellen angeordnet sind, können die Pumpzellen zwischen den Sensorzellen angeordnet sein. Der gleiche Effekt wird auch mit diesem Aufbau erreicht.

#### (Viertes Ausführungsbeispiel)

Unter Bezugnahme auf Fig. 19 und 20 wird ein vierter Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung beschrieben. Der Gassensor 5 dieses Ausführungsbeispiels besteht aus einer Sauerstoffpumpzelle, einer Sauerstoffsensorzelle 22 und einer Sensorzelle 3. Im Gegensatz zu den oben beschriebenen vorhergehenden Ausführungsbeispielen, verwendet dieses Ausführungsbeispiel lediglich eine Sauerstoffpumpzelle 21. Teile oder Komponenten dieses Ausführungsbeispiels, die durch die gleichen Bezeichnungen wie in den vorhergehenden Ausführungsbeispielen bezeichnet sind, haben den gleichen oder ähnlichen Aufbau und führen die gleiche oder ähnliche Funktion aus. Folglich wird eine genaue Beschreibung für solche Teile oder Komponenten nicht wiederholt, sondern für dieses Ausführungsbeispiel besondere Strukturen und Merkmale werden nachfolgend beschrieben.

Wie in Fig. 20 gezeigt ist, besteht die Sauerstoffpumpzelle 21 aus einer sauerstoffionenleitenden Festelektrolytschicht 12 und einem Paar von Elektroden 218 und 219, die an beiden Oberflächen (einer oberen Oberfläche 129 und einer unteren Oberfläche) der Elektrolytschicht 12 angeordnet sind. Unterhalb der Pumpzelle 21 ist eine Abstandsschicht 125 mit einer darin ausgebildeten Gasmischungskammer

100 angeordnet. Eine Heizerschicht 141 mit einem darauf gedruckten Heizfilm 140 und einer den Heizfilm 140 abdeckenden Deckschicht 142 sind unterhalb der Abstandsschicht 125 angeordnet. Unterhalb der Heizerschicht 141 ist eine 5 Abstandsschicht 155 mit einer darin ausgebildeten Sensorzammer 110 vorgesehen. Eine Sauerstoffsensorzelle 22, die aus einer sauerstoffionenleitenden Festelektrolytschicht 15 und einem Paar von Elektroden 228 und 229 besteht, die an beiden Oberflächen (einer oberen Oberfläche und einer unteren Oberfläche 159) der Elektrolytschicht 15 angeordnet sind, ist unterhalb der Abstandsschicht 155 angeordnet. Dann folgt eine Abstandsschicht 135 mit einer Erfassungskammer 130 und einer Luftkammer 160, die beide in der Abstandsschicht 135 ausgebildet sind. Unterhalb der Abstandsschicht 135 befindet sich eine Sensorzelle 3, die aus einer sauerstoffionenleitenden Festelektrolytschicht 13 und einem Paar von Elektroden 38 und 39 besteht, die an beiden Oberflächen (eine obere Oberfläche und eine untere Oberfläche 139) der Elektrolytschicht 13 angeordnet sind. Alle 10 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000 1005 1010 1015 1020 1025 1030 1035 1040 1045 1050 1055 1060 1065 1070 1075 1080 1085 1090 1095 1100 1105 1110 1115 1120 1125 1130 1135 1140 1145 1150 1155 1160 1165 1170 1175 1180 1185 1190 1195 1200 1205 1210 1215 1220 1225 1230 1235 1240 1245 1250 1255 1260 1265 1270 1275 1280 1285 1290 1295 1300 1305 1310 1315 1320 1325 1330 1335 1340 1345 1350 1355 1360 1365 1370 1375 1380 1385 1390 1395 1400 1405 1410 1415 1420 1425 1430 1435 1440 1445 1450 1455 1460 1465 1470 1475 1480 1485 1490 1495 1500 1505 1510 1515 1520 1525 1530 1535 1540 1545 1550 1555 1560 1565 1570 1575 1580 1585 1590 1595 1600 1605 1610 1615 1620 1625 1630 1635 1640 1645 1650 1655 1660 1665 1670 1675 1680 1685 1690 1695 1700 1705 1710 1715 1720 1725 1730 1735 1740 1745 1750 1755 1760 1765 1770 1775 1780 1785 1790 1795 1800 1805 1810 1815 1820 1825 1830 1835 1840 1845 1850 1855 1860 1865 1870 1875 1880 1885 1890 1895 1900 1905 1910 1915 1920 1925 1930 1935 1940 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050 2055 2060 2065 2070 2075 2080 2085 2090 2095 2100 2105 2110 2115 2120 2125 2130 2135 2140 2145 2150 2155 2160 2165 2170 2175 2180 2185 2190 2195 2200 2205 2210 2215 2220 2225 2230 2235 2240 2245 2250 2255 2260 2265 2270 2275 2280 2285 2290 2295 2300 2305 2310 2315 2320 2325 2330 2335 2340 2345 2350 2355 2360 2365 2370 2375 2380 2385 2390 2395 2400 2405 2410 2415 2420 2425 2430 2435 2440 2445 2450 2455 2460 2465 2470 2475 2480 2485 2490 2495 2500 2505 2510 2515 2520 2525 2530 2535 2540 2545 2550 2555 2560 2565 2570 2575 2580 2585 2590 2595 2600 2605 2610 2615 2620 2625 2630 2635 2640 2645 2650 2655 2660 2665 2670 2675 2680 2685 2690 2695 2700 2705 2710 2715 2720 2725 2730 2735 2740 2745 2750 2755 2760 2765 2770 2775 2780 2785 2790 2795 2800 2805 2810 2815 2820 2825 2830 2835 2840 2845 2850 2855 2860 2865 2870 2875 2880 2885 2890 2895 2900 2905 2910 2915 2920 2925 2930 2935 2940 2945 2950 2955 2960 2965 2970 2975 2980 2985 2990 2995 3000 3005 3010 3015 3020 3025 3030 3035 3040 3045 3050 3055 3060 3065 3070 3075 3080 3085 3090 3095 3100 3105 3110 3115 3120 3125 3130 3135 3140 3145 3150 3155 3160 3165 3170 3175 3180 3185 3190 3195 3200 3205 3210 3215 3220 3225 3230 3235 3240 3245 3250 3255 3260 3265 3270 3275 3280 3285 3290 3295 3300 3305 3310 3315 3320 3325 3330 3335 3340 3345 3350 3355 3360 3365 3370 3375 3380 3385 3390 3395 3400 3405 3410 3415 3420 3425 3430 3435 3440 3445 3450 3455 3460 3465 3470 3475 3480 3485 3490 3495 3500 3505 3510 3515 3520 3525 3530 3535 3540 3545 3550 3555 3560 3565 3570 3575 3580 3585 3590 3595 3600 3605 3610 3615 3620 3625 3630 3635 3640 3645 3650 3655 3660 3665 3670 3675 3680 3685 3690 3695 3700 3705 3710 3715 3720 3725 3730 3735 3740 3745 3750 3755 3760 3765 3770 3775 3780 3785 3790 3795 3800 3805 3810 3815 3820 3825 3830 3835 3840 3845 3850 3855 3860 3865 3870 3875 3880 3885 3890 3895 3900 3905 3910 3915 3920 3925 3930 3935 3940 3945 3950 3955 3960 3965 3970 3975 3980 3985 3990 3995 4000 4005 4010 4015 4020 4025 4030 4035 4040 4045 4050 4055 4060 4065 4070 4075 4080 4085 4090 4095 4100 4105 4110 4115 4120 4125 4130 4135 4140 4145 4150 4155 4160 4165 4170 4175 4180 4185 4190 4195 4200 4205 4210 4215 4220 4225 4230 4235 4240 4245 4250 4255 4260 4265 4270 4275 4280 4285 4290 4295 4300 4305 4310 4315 4320 4325 4330 4335 4340 4345 4350 4355 4360 4365 4370 4375 4380 4385 4390 4395 4400 4405 4410 4415 4420 4425 4430 4435 4440 4445 4450 4455 4460 4465 4470 4475 4480 4485 4490 4495 4500 4505 4510 4515 4520 4525 4530 4535 4540 4545 4550 4555 4560 4565 4570 4575 4580 4585 4590 4595 4600 4605 4610 4615 4620 4625 4630 4635 4640 4645 4650 4655 4660 4665 4670 4675 4680 4685 4690 4695 4700 4705 4710 4715 4720 4725 4730 4735 4740 4745 4750 4755 4760 4765 4770 4775 4780 4785 4790 4795 4800 4805 4810 4815 4820 4825 4830 4835 4840 4845 4850 4855 4860 4865 4870 4875 4880 4885 4890 4895 4900 4905 4910 4915 4920 4925 4930 4935 4940 4945 4950 4955 4960 4965 4970 4975 4980 4985 4990 4995 5000 5005 5010 5015 5020 5025 5030 5035 5040 5045 5050 5055 5060 5065 5070 5075 5080 5085 5090 5095 5100 5105 5110 5115 5120 5125 5130 5135 5140 5145 5150 5155 5160 5165 5170 5175 5180 5185 5190 5195 5200 5205 5210 5215 5220 5225 5230 5235 5240 5245 5250 5255 5260 5265 5270 5275 5280 5285 5290 5295 5300 5305 5310 5315 5320 5325 5330 5335 5340 5345 5350 5355 5360 5365 5370 5375 5380 5385 5390 5395 5400 5405 5410 5415 5420 5425 5430 5435 5440 5445 5450 5455 5460 5465 5470 5475 5480 5485 5490 5495 5500 5505 5510 5515 5520 5525 5530 5535 5540 5545 5550 5555 5560 5565 5570 5575 5580 5585 5590 5595 5600 5605 5610 5615 5620 5625 5630 5635 5640 5645 5650 5655 5660 5665 5670 5675 5680 5685 5690 5695 5700 5705 5710 5715 5720 5725 5730 5735 5740 5745 5750 5755 5760 5765 5770 5775 5780 5785 5790 5795 5800 5805 5810 5815 5820 5825 5830 5835 5840 5845 5850 5855 5860 5865 5870 5875 5880 5885 5890 5895 5900 5905 5910 5915 5920 5925 5930 5935 5940 5945 5950 5955 5960 5965 5970 5975 5980 5985 5990 5995 6000 6005 6010 6015 6020 6025 6030 6035 6040 6045 6050 6055 6060 6065 6070 6075 6080 6085 6090 6095 6100 6105 6110 6115 6120 6125 6130 6135 6140 6145 6150 6155 6160 6165 6170 6175 6180 6185 6190 6195 6200 6205 6210 6215 6220 6225 6230 6235 6240 6245 6250 6255 6260 6265 6270 6275 6280 6285 6290 6295 6300 6305 6310 6315 6320 6325 6330 6335 6340 6345 6350 6355 6360 6365 6370 6375 6380 6385 6390 6395 6400 6405 6410 6415 6420 6425 6430 6435 6440 6445 6450 6455 6460 6465 6470 6475 6480 6485 6490 6495 6500 6505 6510 6515 6520 6525 6530 6535 6540 6545 6550 6555 6560 6565 6570 6575 6580 6585 6590 6595 6600 6605 6610 6615 6620 6625 6630 6635 6640 6645 6650 6655 6660 6665 6670 6675 6680 6685 6690 6695 6700 6705 6710 6715 6720 6725 6730 6735 6740 6745 6750 6755 6760 6765 6770 6775 6780 6785 6790 6795 6800 6805 6810 6815 6820 6825 6830 6835 6840 6845 6850 6855 6860 6865 6870 6875 6880 6885 6890 6895 6900 6905 6910 6915 6920 6925 6930 6935 6940 6945 6950 6955 6960 6965 6970 6975 6980 6985 6990 6995 7000 7005 7010 7015 7020 7025 7030 7035 7040 7045 7050 7055 7060 7065 7070 7075 7080 7085 7090 7095 7100 7105 7110 7115 7120 7125 7130 7135 7140 7145 7150 7155 7160 7165 7170 7175 7180 7185 7190 7195 7200 7205 7210 7215 7220 7225 7230 7235 7240 7245 7250 7255 7260 7265 7270 7275 7280 7285 7290 7295 7300 7305 7310 7315 7320 7325 7330 7335 7340 7345 7350 7355 7360 7365 7370 7375 7380 7385 7390 7395 7400 7405 7410 7415 7420 7425 7430 7435 7440 7445 7450 7455 7460 7465 7470 7475 7480 7485 7490 7495 7500 7505 7510 7515 7520 7525 7530 7535 7540 7545 7550 7555 7560 7565 7570 7575 7580 7585 7590 7595 7600 7605 7610 7615 7620 7625 7630 7635 7640 7645 7650 7655 7660 7665 7670 7675 7680 7685 7690 7695 7700 7705 7710 7715 7720 7725 7730 7735 7740 7745 7750 7755 7760 7765 7770 7775 7780 7785 7790 7795 7800 7805 7810 7815 7820 7825 7830 7835 7840 7845 7850 7855 7860 7865 7870 7875 7880 7885 7890 7895 7900 7905 7910 7915 7920 7925 7930 7935 7940 7945 7950 7955 7960 7965 7970 7975 7980 7985 7990 7995 8000 8005 8010 8015 8020 8025 8030 8035 8040 8045 8050 8055 8060 8065 8070 8075 8080 8085 8090 8095 8100 8105 8110 8115 8120 8125 8130 8135 8140 8145 8150 8155 8160 8165 8170 8175 8180 8185 8190 8195 8200 8205 8210 8215 8220 8225 8230 8235 8240 8245 8250 8255 8260 8265 8270 8275 8280 8285 8290 8295 8300 8305 8310 8315 8320 8325 8330 8335 8340 8345 8350 8355 8360 8365 8370 8375 8380 8385 8390 8395 8400 8405 8410 8415 8420 8425 8430 8435 8440 8445 8450 8455 8460 8465 8470 8475 8480 8485 8490 8495 8500 8505 8510 8515 8520 8525 8530 8535 8540 8545 8550 8555 8560 8565 8570 8575 8580 8585 8590 8595 8600 8605 8610 8615 8620 8625 8630 8635 8640 8645 8650 8655 8660 8665 8670 8675 8680 8685 8690 8695 8700 8705 8710 8715 8720 8725 8730 8735 8740 8745 8750 8755 8760 8765 8770 8775 8780 8785 8790 8795 8800 8805 8810 8815 8820 8825 8830 8835 8840 8845 8850 8855 8860 8865 8870 8875 8880 8885 8890 8895 8900 8905 8910 8915 8920 8925 8930 8935 8940 8945 8950 8955 8960 8965 8970 8975 8980 8985 8990 8995 9000 9005 9010 9015 9020 9025 9030 9035 9040 9045 9050 9055 9060 9065 9070 9075 9080 9085 9090 9095 9100 9105 9110 9115 9120 9125 9130 9135 9140 9145 9150 9155 9160 9165 9170 9175 9180 9185 9190 9195 9200 9205 9210 9215 9220 9225 9230 9235 9240 9245 9250 9255 9260 9265 9270 9275 9280 9285 9290 9295 9300 9305 9310 9315 9320 9325 9330 9335 9340 9345 9350 9355 9360 9365 9370 9375 9380 9385 9390 9395 9400 9405 9410 9415 9420 9425 9430 9435 9440 9445 9450 9455 9460 9465 9470 9475 9480 9485 9490 9495 9500 9505 9510 9515 9520 9525 9530 9535 9540 9545 9550 9555 9560 9565 9570 9575 9580 9585 9590 9595 9600 9605 9610 9615 9620 9625 9630 9635 9640 9645 9650 9655 9660 9665 9670 9675 9680 9685 9690 9695 9700 9705 9710 9715 9720 9725 9730 9735 9740 9745 9750 9755 9760 9765 9770 9775 9780 9785 9790 9795 9800 9805 9810 9815 9820 9825 9830

onsabstand oder -weg von der Pumpzelle 21 zu der Sensorzelle 3 (eine Gesamtdicke von 6 Schichten 125, 142, 141, 155, 15 und 135) beträgt etwa 0,96 mm.

Die NOx-Konzentration in einer Gasmischung, die ein Abgas von einer Brennkraftmaschine ist, wird durch den Gassensor 5 (das vierte Ausführungsbeispiel) auf die nachfolgende Weise erfaßt. Die Gasmischung 8 wird durch die Einlaßbohrung 121 in die Mischungskammer 100 zugeführt. Das in der Gasmischung enthaltende Sauerstoffgas 89 wird durch den Betrieb der Pumpzelle 21 abgepumpt. Dann diffundiert die Gasmischung durch die Durchlässe 152 in die Sensorkammer 110 und die Sauerstoffkonzentration der Gasmischung in der Sensorkammer wird durch die Sauerstoffsensorzelle 22 angezeigt beziehungsweise überwacht. Die von der Sauerstoffsensorzelle 22 erfaßt Spannung V1 entspricht der Sauerstoffkonzentrationsdifferenz zwischen der Sensorkammer 110 und der Luftpumpe 160. Die Spannung V1 wird durch den Rückführschaltkreis 25 zu dem Steuergerät 216 zurückgeführt. Das Steuergerät 216 steuert die der Pumpzelle 21 zugeführte Spannung, so daß die Sauerstoffkonzentration in der Kammer 100 einen sehr niedrigen und konstanten Wert oder Pegel annimmt. Wenn die Sauerstoffkonzentration in der Sensorkammer 110 höher ist als eine vorbestimmte Ziel- oder Sollhöhe, wird die Spannung V1 niedriger als ein Standardwert und das Steuergerät 216 erhöht die der Pumpzelle 21 zugeführte Spannung im Ansprechen auf die von der Sauerstoffsensorzelle 22 zurückgeführte Spannung V1, um die von der Pumpzelle 21 abgepumpte Sauerstoffmenge zu erhöhen. Wenn die Sauerstoffkonzentration in der Sensorkammer 110 niedrig ist, wird die Spannung V1 hoch und die Versorgungsspannung zur Pumpzelle 21 wird durch das Steuergerät 216 abgesenkt, um die aus der Kammer 100 abgepumpte Sauerstoffmenge zu vermindern. Somit wird die Sauerstoffkonzentration auf einer konstanten Höhe und im wesentlichen Null (beispielsweise 0,0001 ppm) gehalten.

Die im wesentlichen keinen Sauerstoff enthaltende Gasmischung diffundiert durch die Durchlässe 152 und 132 in die Erfassungskammer 130. Der Sauerstoff des in der Gasmischung enthaltenen NOx wird durch die Sensorzelle 3 zu Sauerstoffionen reduziert und durch die Elektrolytschicht 13 nach außen abgegeben, wodurch der Ionenstrom erzeugt wird, der proportional zur NOx-Konzentration in der Gasmischung ist. Der Ionenstrom (Marginalstrom) wird durch das Amperemeter A0 gemessen.

Weil die Sensorzelle 22 unmittelbar unter der Pumpzelle 21 angeordnet ist, kann der Diffusionsabstand oder -weg der Gasmischung kurz gemacht werden (0,96 mm in diesem Ausführungsbeispiel, wie zuvor erwähnt). Das in der Gasmischung enthaltene Sauerstoffgas wird nahezu vollständig durch die Pumpzelle 21 abgepumpt und dann diffundiert die Gasmischung der Sensorzelle 3 über den kurzen Diffusionsweg. Folglich wird die NOx-Konzentration in der Gasmischung durch die Sensorzelle 3 mit einer hohen Genauigkeit und einer hohen Empfindlichkeit gemessen. Weil die Pumpzelle 21, die Sauerstoffsensorzelle 22 und die Sensorzelle 3 separat und unabhängig voneinander angeordnet sind, kann eine Kreuzkopplung oder Behinderung der Signale dieser Zellen zuverlässig unterdrückt werden.

Obwohl die in der Sauerstoffsensorzelle 22 erzeugte Spannung VI als Signal zur Steuerung der Versorgungsspannung der Pumpzelle 21 in diesem Ausführungsbeispiel genutzt wird, kann ein marginaler Ionenstrom der Sauerstoffsensorzelle 22, der durch Anlegen einer konstanten Spannung in die Sauerstoffsensorzelle 22 erhalten wird, als das Steuersignal verwendet werden. Während die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf die vorhergehenden bevorzugten Ausführungsbeispiel gezeigt und beschrieben

wurde, ist es für den Fachmann offensichtlich, daß Veränderungen der Form und Einzelheiten gemacht werden können, ohne den in den nachfolgenden Ansprüchen definierten Bereich der Erfindung zu verlassen.

### Patentansprüche

1. Festelektrolyt-Gassensor zur Messung einer Konzentration eines Gasbestandteils einer Gasmischung, mit einer Gasmischungskammer (100); einer Gasmischungseinlaßbohrung (121), durch die die Gasmischung in die Gasmischungskammer zugeführt wird; einer ersten Sauerstoffpumpzelle (21), die aus einer ersten sauerstoffionenleitenden Festelektrolytschicht (12) und einem Paar von Elektroden (218, 219) besteht, die an beiden Oberflächen der ersten Elektrolytschicht angeordnet sind, wobei eine (218) der Elektroden der Gasmischung in der Gasmischungskammer ausgesetzt ist; einer zweiten Sauerstoffpumpzelle (31), die aus einer zweiten sauerstoffionenleitenden Festelektrolytschicht (13) und einem Paar von Elektroden (318, 319) besteht, die an beiden Oberflächen der zweiten Elektrolytschicht angeordnet sind, wobei eine (318) der Elektroden der Gasmischung in der Gasmischungskammer ausgesetzt ist, und wobei die erste und die zweite Elektrolytschicht aufeinander laminiert sind, so daß die Gasmischungskammer dazwischen ausgebildet ist und beide Sensorzellen elektrisch voneinander isoliert sind; und mindestens einer Sensorzelle (3) mit einem Paar von Elektroden (38, 39), die an beiden Oberflächen von einer der Elektrolytschichten angeordnet sind, wobei eine (38) der Elektroden der Gasmischung in der Gasmischungskammer ausgesetzt ist; wobei in der in die Gasmischungskammer zugeführten Gasmischung enthaltenes Sauerstoffgas durch die erste und die zweite Pumpzelle (21, 31) daraus abgepumpt wird, so daß die Sauerstoffkonzentration im wesentlichen Null wird; und eine Konzentration des Gasbestandteils in der Gasmischung in der Gasmischungskammer durch die Sensorzelle (3) gemessen wird.
2. Festelektrolyt-Gassensor nach Anspruch 1, wobei der Gassensor eine erste Sensorzelle (3) mit einem Paar von Elektroden (38, 39), die an beiden Oberflächen der ersten Elektrolytschicht (12) angeordnet sind, aufweist, wobei eine (38) der Elektroden der Gasmischung in der Mischungskammer (100) ausgesetzt ist, und eine zweite Sensorzelle (51) mit einem Paar von Elektroden (338, 339), die an beiden Oberflächen der zweiten Elektrolytschicht (13) angeordnet sind, aufweist, wobei eine (338) der Elektroden der Gasmischung in der Gasmischungskammer ausgesetzt ist.
3. Festelektrolyt-Gassensor nach Anspruch 1 oder 2, wobei die beiden Elektrolytschichten (12, 13) eine rechteckige Form mit kurzen Seiten und langen Seiten haben.
4. Festelektrolyt-Gassensor nach Anspruch 3, wobei die Sauerstoffpumpzelle (21, 31) und die Sensorzelle (3, 51) in einer Richtung längs der langen Seite der Elektrolytschicht nebeneinander angeordnet sind, so daß die der Gasmischungskammer zugeführte Gasmischung von der Sauerstoffpumpzelle zu der Sensorzelle diffundiert.
5. Festelektrolyt-Gassensor nach Anspruch 3, wobei



die Sauerstoffpumpzelle (21, 31) und die Sensorzelle (3, 51) in einer Richtung längs der kurzen Seite der Elektrolytschicht nebeneinander angeordnet sind, so daß die der Gasmischungskammer zugeführte Gasmischung von der Sauerstoffpumpzelle zu der Sensorzelle diffundiert.

6. Festelektrolyt-Gassensor nach Anspruch 5, wobei die Sauerstoffpumpzelle (21, 31) und die Sensorzelle (3, 51) in einer Richtung längs der langen Seite der Elektrolytschicht (12, 13) länglich sind, und wobei eine Vielzahl von Gasmischungseinlaßbohrungen (121) die erste Sauerstoffpumpzelle durchdringend ausgebildet sind.

7. Festelektrolyt-Gassensor nach Anspruch 6, wobei die Gasmischungskammer (100) in eine Mehrzahl von Kammern unterteilt ist, welche jeweils mit einer der Gasmischungseinlaßbohrungen (121) übereinstimmen. 15  
8. Festelektrolyt-Gassensor nach Anspruch 6, wobei die Gasmischungseinlaßbohrungen (121) an von den Sensorzellen (3, 51) entferntesten Orten ausgebildet sind.

9. Festelektrolyt-Gassensor nach Anspruch 3, wobei die Sensorzellelektrode (38, 39, 338, 339) derart angeordnet ist, daß die Sensorzellelektrode von der Sauerstoffpumpzellelektrode (218, 219, 318, 319) 20 umgeben ist.

10. Festelektrolyt-Gassensor nach Anspruch 3, wobei die Sauerstoffpumpzellelektrode (218, 219, 318, 319) derart angeordnet ist, daß die Sauerstoffpumpzellelektrode von der Sensorzellelektrode (38, 39, 338, 339) 25 umgeben ist.

11. Festelektrolyt-Gassensor nach Anspruch 1 und 2, ferner mit einer Sauerstoffsensorzelle (22), die zwischen der Sauerstoffpumpzelle und der Sensorzelle angeordnet ist, um eine Sauerstoffkonzentration in der Gasmischung zu erfassen, nachdem der in der Gasmischung enthaltende Sauerstoff durch die Sauerstoffpumpzellen abgepumpt ist, und um ein der erfaßten Sauerstoffkonzentration entsprechendes Signal zu den Sauerstoffpumpzellen zurückzuführen, um die Sauerstoffkonzentration in der Mischungskammer (100) auf 35 einer konstanten Höhe zu halten.

12. Festelektrolyt-Gassensor nach Anspruch 1 oder 2, wobei die erste und die zweite Sauerstoffpumpzelle (21, 31) elektrisch miteinander parallel geschaltet sind. 45

13. Festelektrolyt-Gassensor nach Anspruch 2, wobei die erste und die zweite Sensorzelle (3, 51) elektrisch miteinander parallel geschaltet sind.

14. Festelektrolyt-Gassensor nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Konzentration des Gasbestandteils in der Gasmischung auf der Basis eines Marginalstroms gemessen wird, der in der Sensorzelle (3, 51) durch Zuführen einer konstanten Spannung zu der Sensorzelle erzeugt ist. 50

15. Festelektrolyt-Gassensor nach Anspruch 1, wobei der Gasbestandteil, dessen Konzentration durch den Gassensor gemessen wird Stickoxide (NOx) sind. 55

16. Festelektrolyt-Gassensor zur Messung einer Konzentration eines Gasbestandteils in einer Gasmischung, mit einer Gasmischungskammer (100), in welche die Gasmischung zugeführt ist;

einer Sauerstoffpumpzelle (21), die aus einer ersten sauerstoffionenleitenden Festelektrolytschicht (12) und einem Paar Elektroden (218, 219) besteht, die an beiden Oberflächen der ersten Elektrolytschicht angeordnet sind, wobei eine (218) der Elektroden der Gasmischung in der Gasmischungskammer ausgesetzt ist, um 60  
in der Gasmischung in der Gasmischungskammer ent-

haltenes Sauerstoffgas bis auf eine Höhe von im wesentlichen Null abzupumpen; einer Sauerstoffsensorzelle (22), die aus einer zweiten sauerstoffionenleitenden Festelektrolytschicht (15) und einem Paar von Elektroden (228, 229) besteht, die an beiden Oberflächen der zweiten Elektrolytschicht angeordnet sind, wobei eine (228) der Elektroden der Gasmischung in der Gasmischungskammer ausgesetzt ist, um die Sauerstoffkonzentration in der Gasmischung zu erfassen, nachdem der in der Gasmischung enthaltende Sauerstoff durch die Sauerstoffpumpzelle abgepumpt ist, und um ein der erfaßten Sauerstoffkonzentration entsprechendes Signal zu der Sauerstoffpumpzelle zurückzuführen, um die Sauerstoffkonzentration in der Mischungskammer auf einer konstanten Höhe zu halten; und

einer Sensorzelle (3), die aus einer dritten sauerstoffionenleitenden Festelektrolytschicht (13) und einem Paar Elektroden (38, 39) besteht, die an beiden Oberflächen der dritten Elektrolytschicht angeordnet sind, wobei eine (38) der Elektroden der von der Gasmischungskammer diffundierenden Gasmischung ausgesetzt ist, um eine Konzentration des Gasbestandteils in der Gasmischung zu messen;

wobei die erste, die zweite und die dritte Elektrolytschicht in dieser Reihenfolge aufeinander laminiert sind; und die Gasmischung in der Gasmischungskammer (100) von der Sauerstoffpumpzelle (21) durch die Sauerstoffsensorzelle (22) zu der Sensorzelle (3) in einer Richtung senkrecht zur Oberfläche der Elektrolytschichten (12, 15, 13) diffundiert.

---

Hierzu 12 Seite(n) Zeichnungen

---

# FIG. I

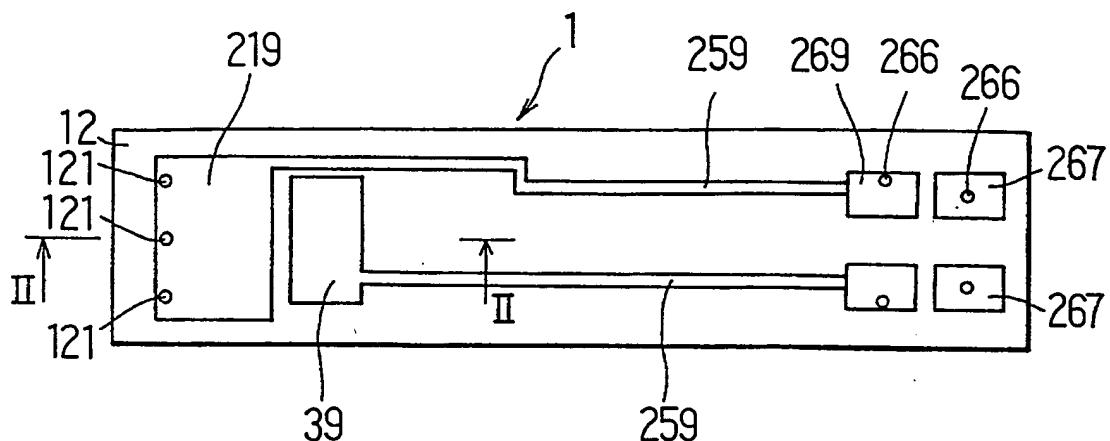


FIG. 2

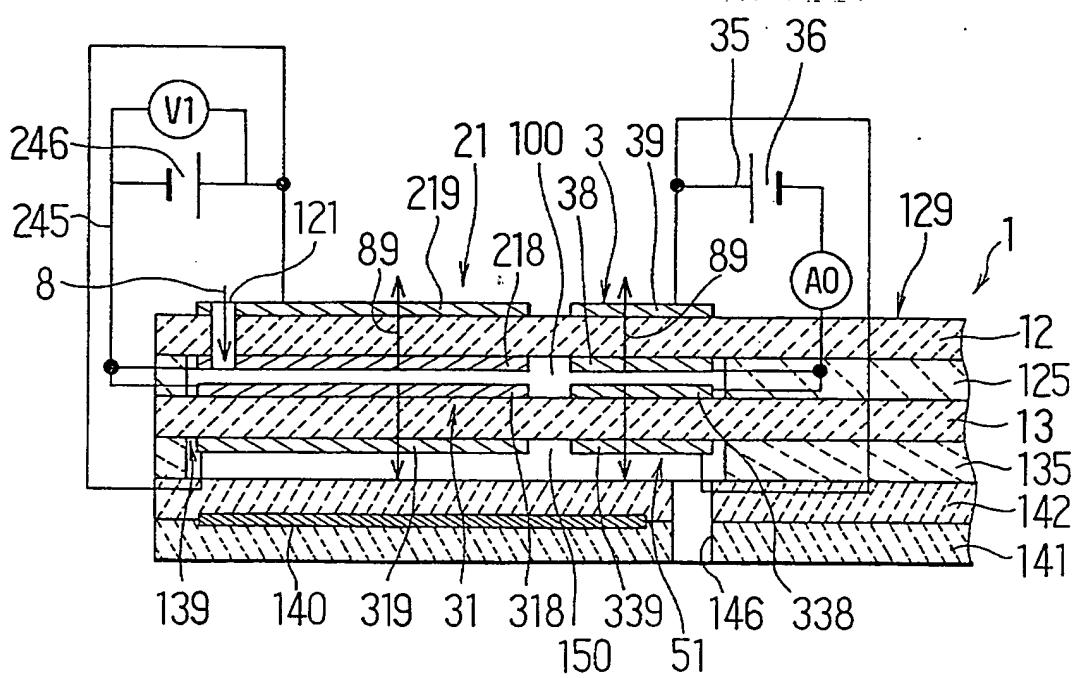


FIG. 3

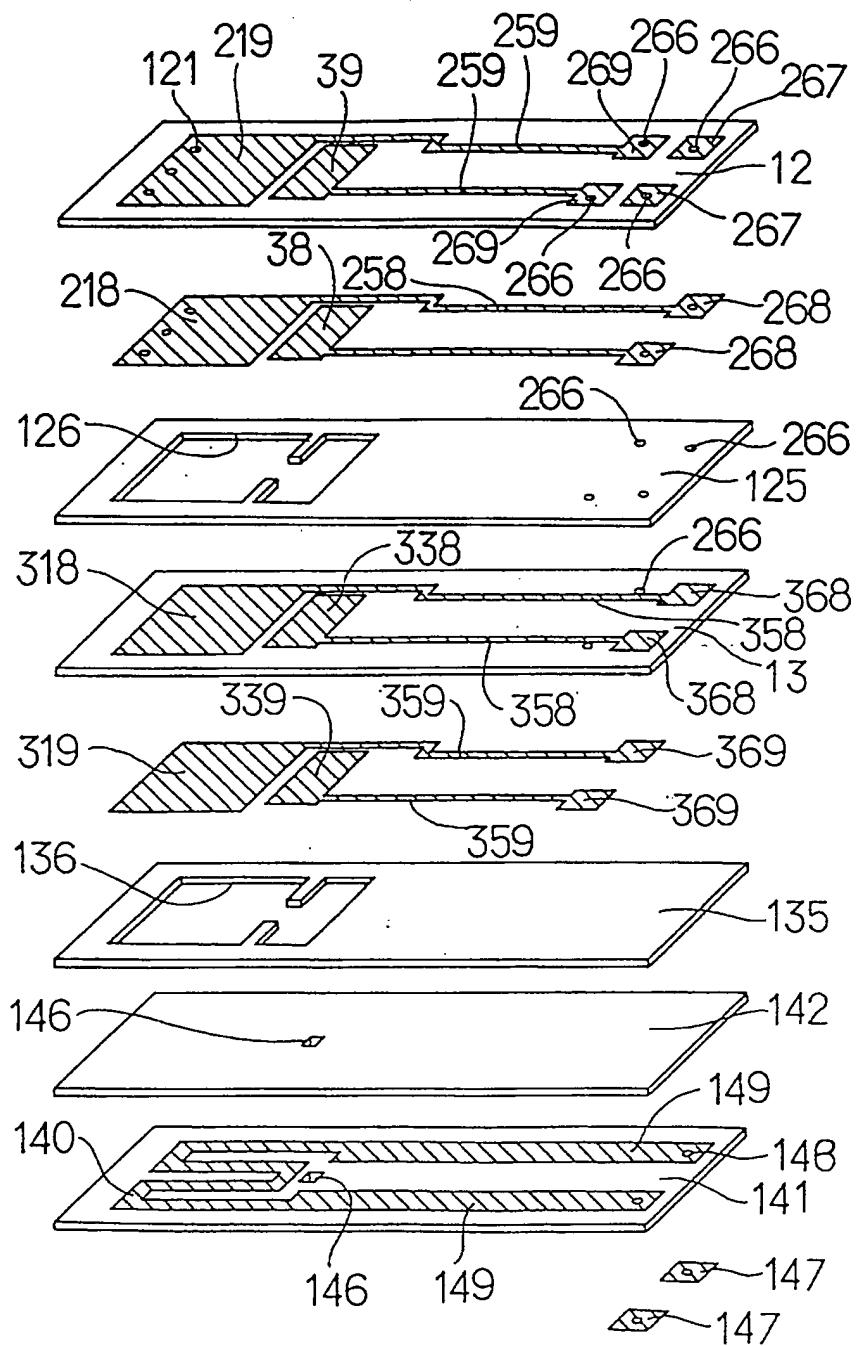


FIG. 4

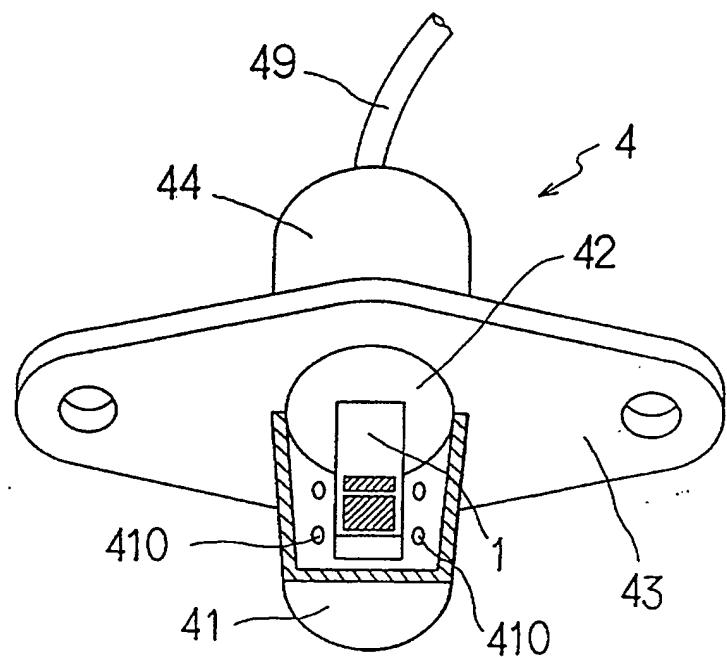


FIG. 5

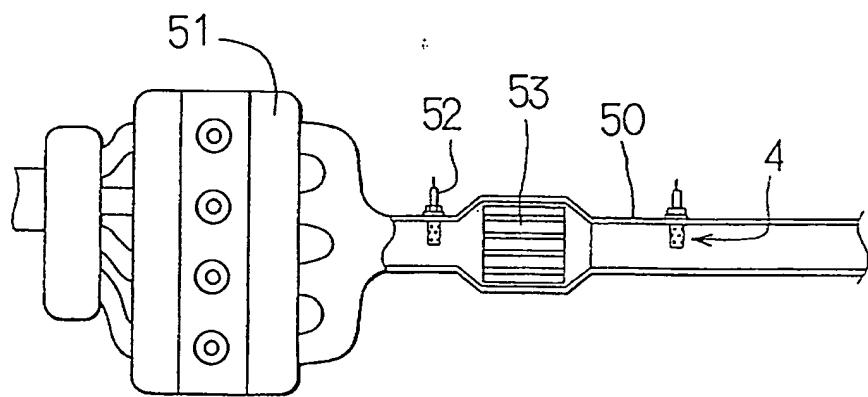


FIG. 6A

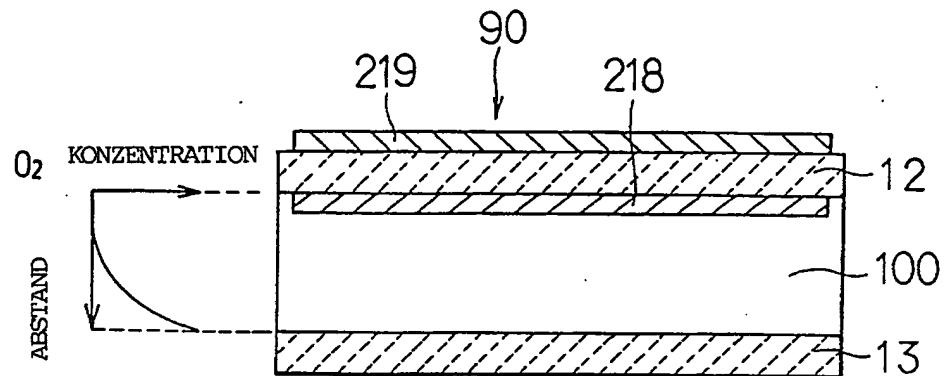


FIG. 6B

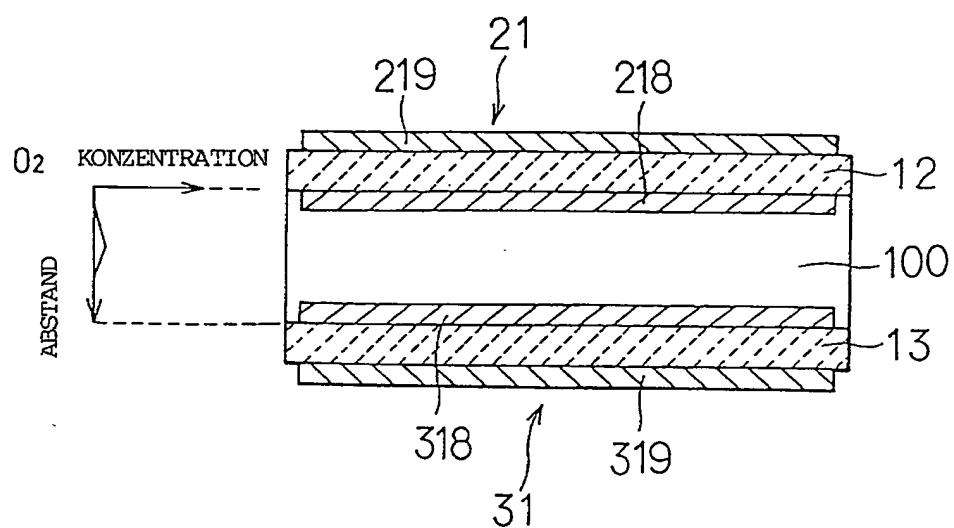


FIG. 7A

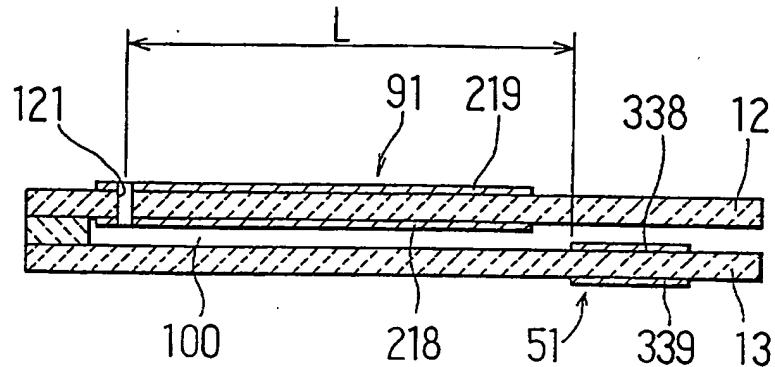


FIG. 7B

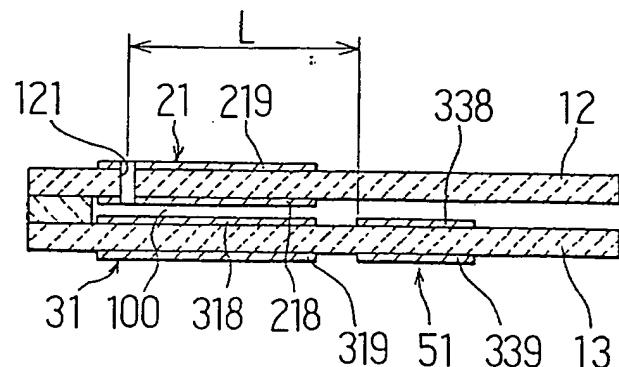


FIG. 8

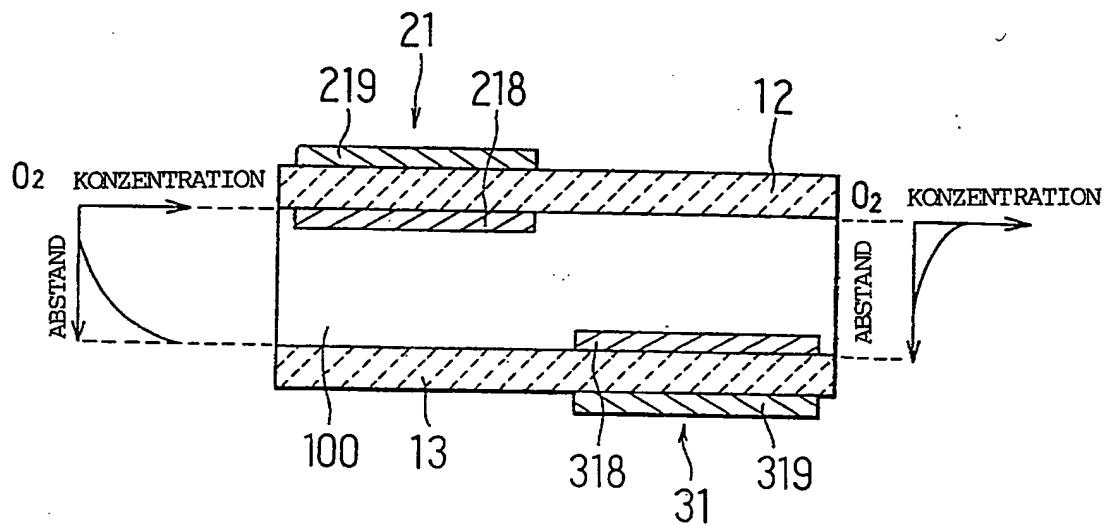


FIG. 9

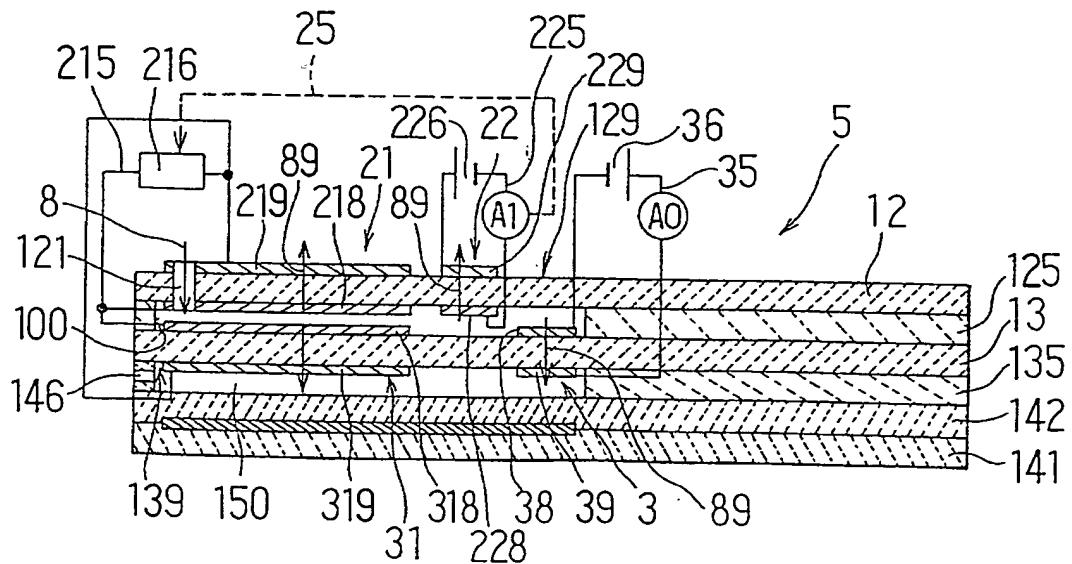


FIG. 10

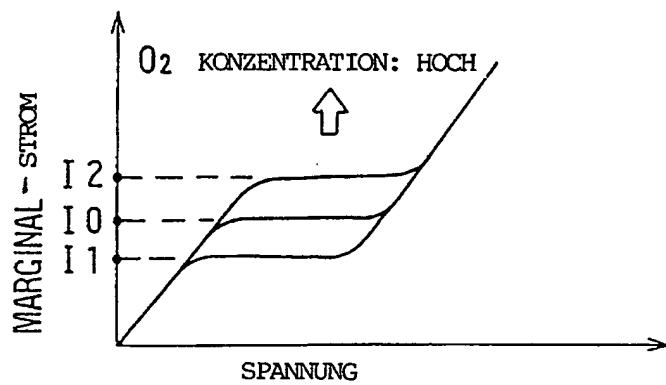


FIG. 11

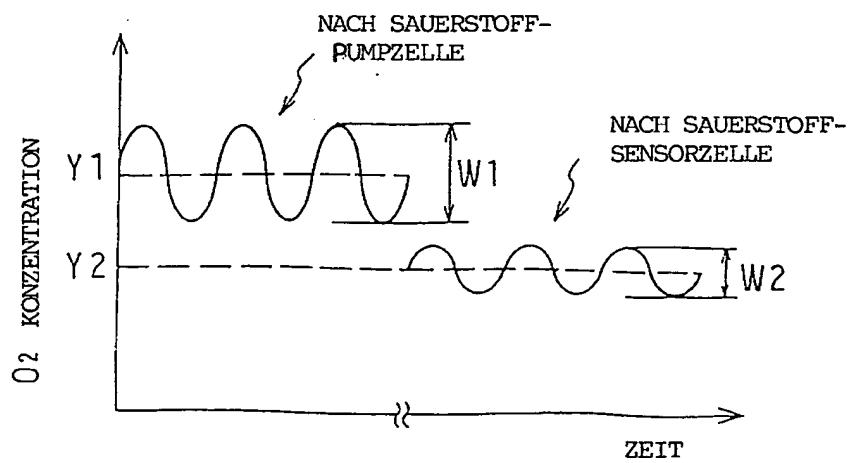


FIG. 12

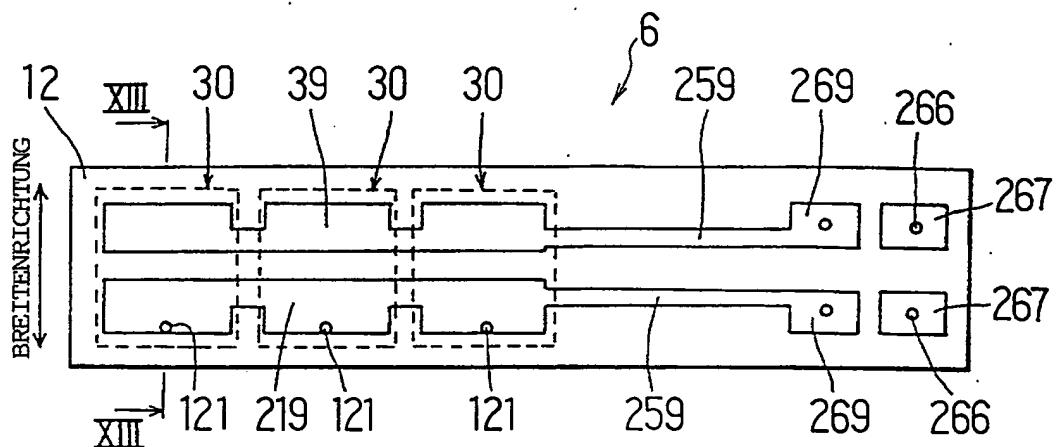


FIG. 13

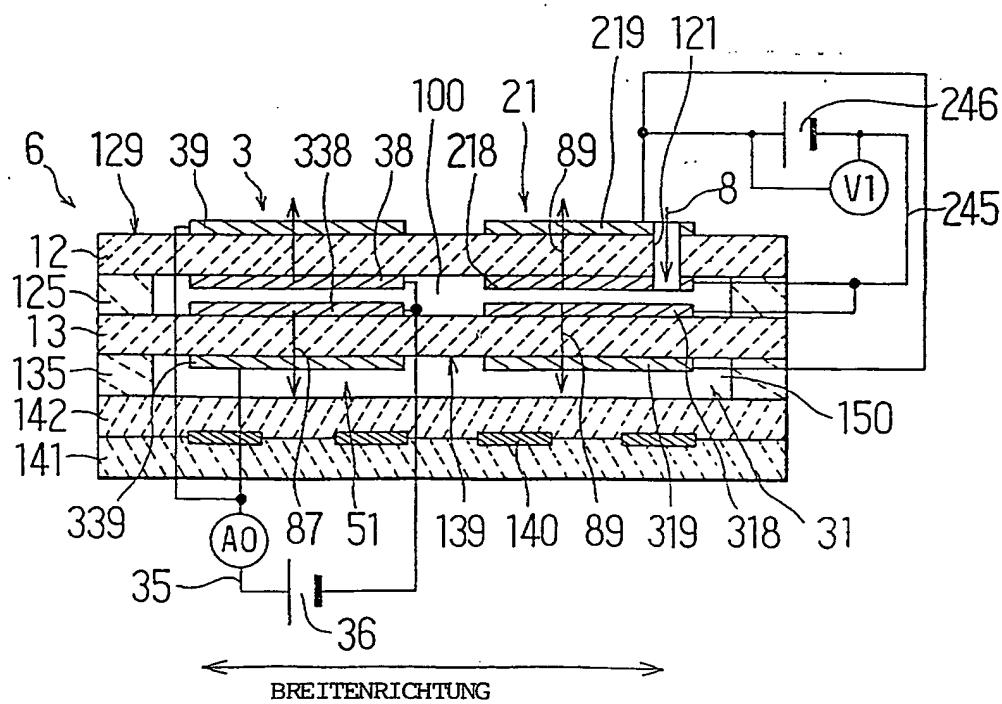


FIG. 14

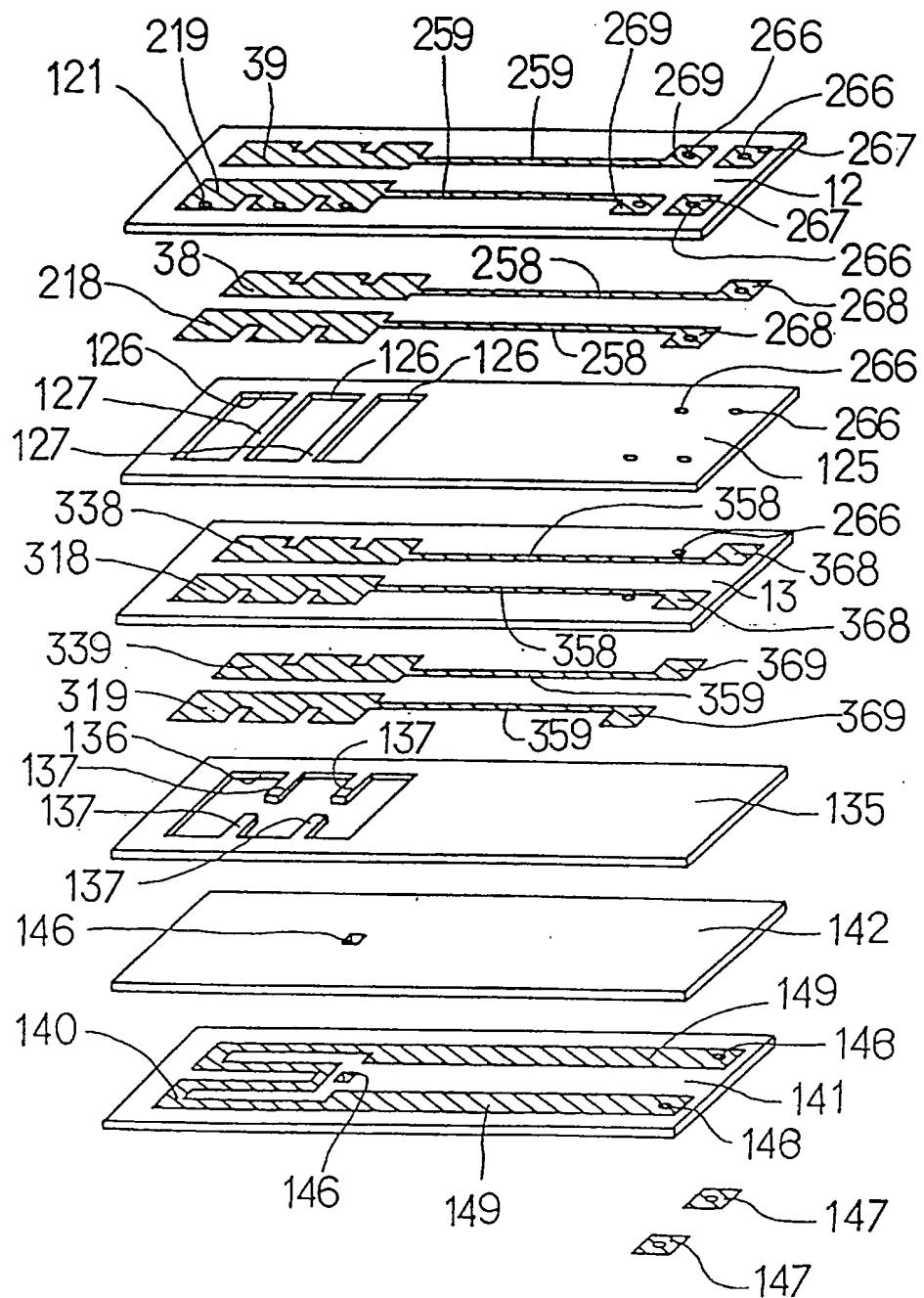


FIG. 15

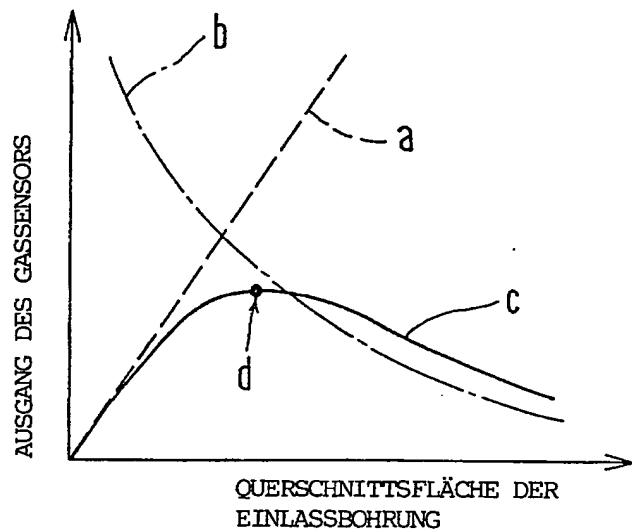


FIG. 16

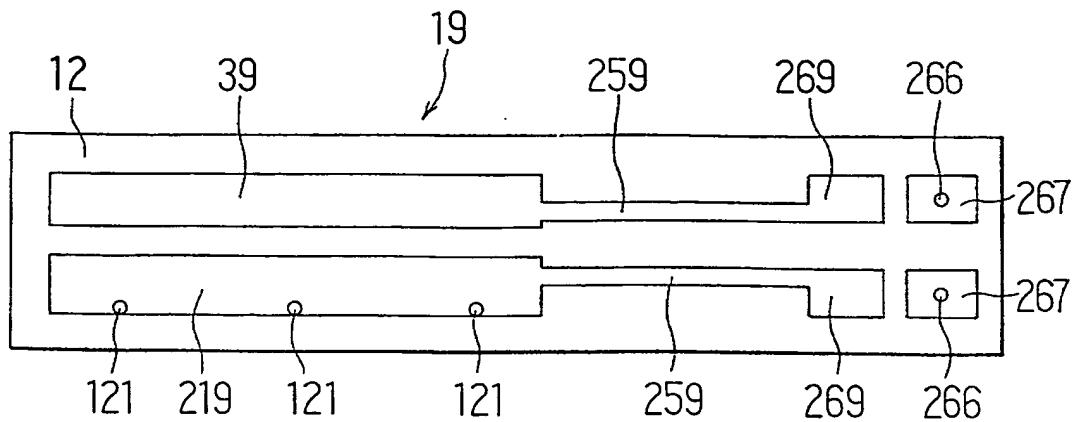


FIG. 17

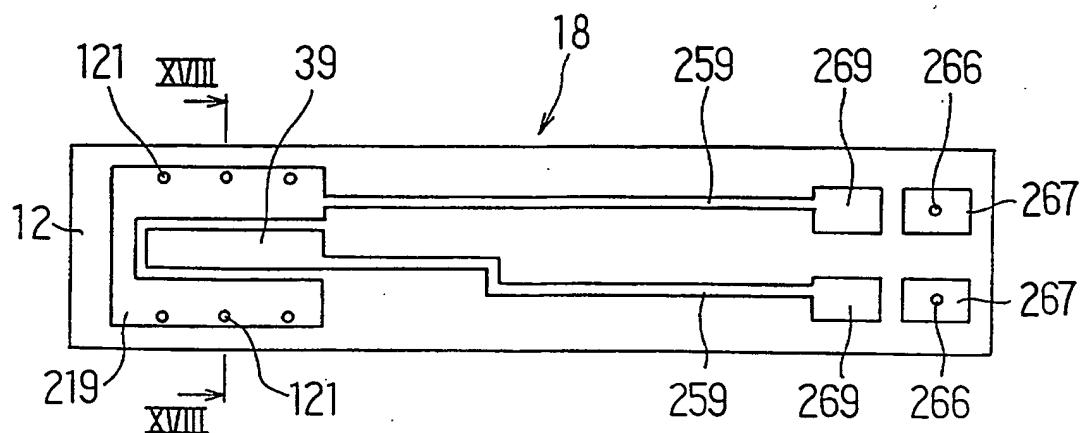


FIG. 18

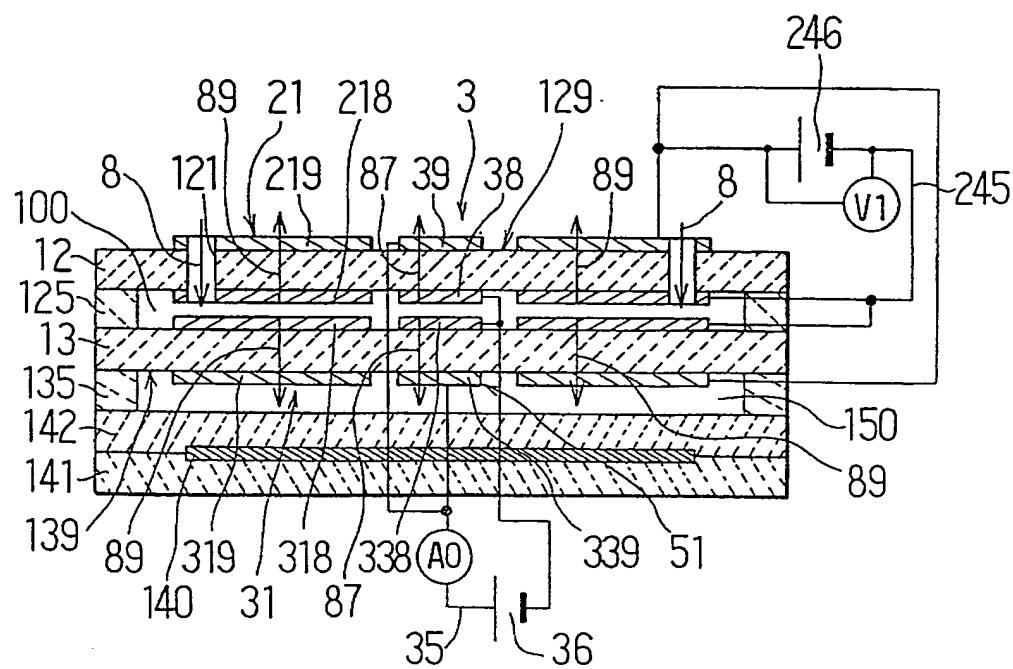


FIG. 19

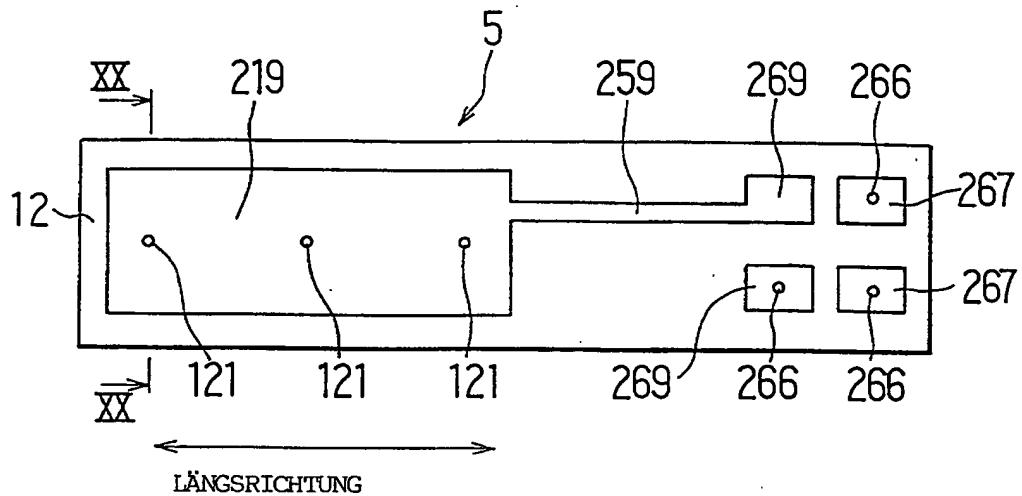


FIG. 20

